



Direktorat Pembinaan SMK
Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
Republik Indonesia
2017

Bahan Ajar **BIOLOGI** Untuk SMK/MAK



**Bidang Keahlian
Agrobisnis dan Agroteknologi**

E. D. Purbajanti
H. P. Kusumaningsrum
M. Zainuri
A. Setiadi

**Kelas
XI
bagian 1**



Direktorat Pembinaan SMK
Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
Republik Indonesia
2017

Bahan Ajar **BIOLOGI** Untuk SMK/MAK



**Bidang Keahlian
Agrobisnis dan Agroteknologi**

E. D. Purbajanti
H. P. Kusumaningsrum
M. Zainuri
A. Setiadi

**Kelas
XI
bagian 1**

Hak Cipta pada Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
Dilindungi Undang-Undang

**Milik Negara
Tidak Diperdagangkan**

Kontributor : E. D. PURBAJANTI
H. P.KUSUMANINGRUM
M. ZAINURI
A.SETIADI
Penyunting Materi :
Penyunting Bahasa :
Penyedia Penerbitan :

ENDANG DWI PURBAJANTI, HERMIN PANCASAKTI
KUSUMANINGRUM, MUHAMMAD ZAINURI, SUTARNO --
Jakarta : Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, 2017.
x, 205 hlm, : ilustrasi ; 30 cm
Bibliografi : hlm. 215
Indeks
ISBN (No. Jilid Lengkap)
ISBN

2017

Disusun dengan huruf Times New Roman 11 pt

KATA PENGANTAR

Undang-Undang Dasar Negara Republik Indonesia Tahun 1945 Pasal 31 ayat (3) mengamanatkan bahwa Pemerintah mengusahakan dan menyelenggarakan satu sistem pendidikan nasional, yang meningkatkan keimanan dan ketakwaan serta akhlak mulia dalam rangka mencerdaskan kehidupan bangsa, yang diatur dengan undang-undang. Atas dasar amanat tersebut telah diterbitkan Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional.

Implementasi dari undang-undang Sistem Pendidikan Nasional tersebut yang dijabarkan melalui sejumlah peraturan pemerintah, memberikan arahan tentang perlunya disusun dan dilaksanakan delapan standar nasional pendidikan, diantaranya adalah standar sarana dan prasarana. Guna peningkatan kualitas lulusan SMK maka salah satu sarana yang harus dipenuhi oleh Direktorat Pembinaan SMK adalah ketersediaan bahan ajar siswa khususnya bahan ajar Peminatan C1 SMK sebagai sumber belajar yang memuat materi dasar kejuruan.

Kurikulum yang digunakan di SMK baik kurikulum 2013 maupun kurikulum KTSP pada dasarnya adalah kurikulum berbasis kompetensi. Di dalamnya dirumuskan secara terpadu kompetensi sikap, pengetahuan dan keterampilan yang harus dikuasai peserta didik serta rumusan proses pembelajaran dan penilaian yang diperlukan oleh peserta didik untuk mencapai kompetensi yang diinginkan. Bahan ajar Siswa Peminatan C1 SMK ini dirancang dengan menggunakan proses pembelajaran yang sesuai untuk mencapai kompetensi yang telah dirumuskan dan diukur dengan proses penilaian yang sesuai.

Sejalan dengan itu, kompetensi keterampilan yang diharapkan dari seorang lulusan SMK adalah kemampuan pikir dan tindak yang efektif dan kreatif dalam ranah abstrak dan konkret. Kompetensi itu dirancang untuk dicapai melalui proses pembelajaran berbasis penemuan (*discovery learning*) melalui kegiatan-kegiatan berbentuk tugas (*project based learning*), dan penyelesaian masalah (*problem solving based learning*) yang mencakup proses mengamati, menanya, mengumpulkan informasi, mengasosiasi, dan mengomunikasikan. Khusus untuk SMK ditambah dengan kemampuan mencipta. Bahan

ajar ini merupakan penjabaran hal-hal yang harus dilakukan peserta didik untuk mencapai kompetensi yang diharapkan. Sesuai dengan pendekatan kurikulum yang digunakan, peserta didik diajak berani untuk mencari sumber belajar lain yang tersedia dan terbentang luas di sekitarnya. Bahan ajar ini merupakan edisi ke-1. Oleh sebab itu Bahan Ajar ini perlu terus menerus dilakukan perbaikan dan penyempurnaan.

Kritik, saran, dan masukan untuk perbaikan dan penyempurnaan pada edisi berikutnya sangat kami harapkan; sekaligus, akan terus memperkaya kualitas penyajian bahan ajar ini. Atas kontribusi itu, kami ucapkan terima kasih. Tak lupa kami mengucapkan terima kasih kepada kontributor naskah, editor isi, dan editor bahasa atas kerjasamanya. Mudah-mudahan, kita dapat memberikan yang terbaik bagi kemajuan dunia pendidikan menengah kejuruan dalam rangka mempersiapkan Generasi Emas seratus tahun Indonesia Merdeka (2045).

Jakarta, Agustus 2017
Direktorat Pembinaan SMK

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR	vi
BAB 1 LIMBAH.....	1
A. Pengertian Limbah	1
B. Karakteristik dan Jenis Limbah	5
C. Identifikasi Limbah.....	7
D. Pengelolaan Limbah	12
E. Pengolahan Limbah untuk Budidaya Jamur	34
F. Pengelolaan Limbah Hewan atau Ternak	37
RANGKUMAN	47
BAB 2 EKOSISTEM DAN KONSERVASI	51
A. Makhluk Hidup dan Lingkungan.....	51
B. Komponen Penyusun Ekosistem	53
C. Jenis Ekosistem.....	64
D. Suksesi dan Klimaks.....	75
E. Rantai Makanan dan Jaring Makanan.....	82
F. Daur Biogeokimia.....	86
RANGKUMAN	97
BAB 3 POLUSI	101
A. Ciri, Sifat, dan Macam Polusi.....	102
B. Jenis Polutan	103
C. Pencemaran Lingkungan	107
D. Parameter Pencemaran Lingkungan	114
E. Pencemaran Udara, Air, dan Tanah	117
F. Teknik Penganggulangan dan Pencegahan Polusi.....	148
RANGKUMAN	149
Uji Kompetensi	152
DAFTAR PUSTAKA	154
GLOSARIUM.....	159
INDEKS.....	162

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Limbah	3
Gambar 1.2. Limbah Rumah Tangga.....	4
Gambar 1.3. Limbah Industri.....	4
Gambar 1.4. Limbah B3.....	10
Gambar 1.5. Aktivitas Konsumsi Ulat Hongkong pada Styrofoam.....	14
Gambar 1.6. Pelet.....	29
Gambar 1.7. Diagram alir pembuatan briket sampah	33
Gambar 1.8. Contoh briket sampah	35
Gambar 1.9. Jamur kuping dan jamur merang	37
Gambar 1.10. Contoh pupuk granul kotoran ternak sapi	40
Gambar 1.11. Pupuk cair urin sapi.....	42
Gambar 1.12. Diagram alir pembuatan pupuk cair asal urin sapi	43
Gambar 1.13. Tepung bulu ayam.....	44
Gambar 1.14. Presto, alat rebus bertekanan tinggi.....	45
Gambar 1.15. Kemonceng bulu ayam.....	47
Gambar 1.16. Telur ayam sebagai sumber mineral.....	48
Gambar 2.1. Contoh ekosistem.....	56
Gambar 2.2. Air sebagai komponen abiotik ekosistem.....	60
Gambar 2.3. Tanah sebagai penyusun ekosistem.....	61
Gambar 2.4. Altitude dan latitude.....	62
Gambar 2.5. Faktor biotik.....	63
Gambar 2.6. Contoh produsen	64
Gambar 2.7. Komsumen dalam ekosistem.....	66
Gambar 2.8. Dekomposer	67
Gambar 2.9. Porcellio scaber (kiri) dan Oniscus asellus (tengah) hidup di kayu mati	68
Gambar 2.10. Letak ekosistem berdasar geografis	69
Gambar 2.11. Contoh bioma gurun misalnya Gurun Sahara di Afrika.....	70
Gambar 2.12. Contoh bioma padang rumput di Nusa Tenggara Barat	71
Gambar 2.13. Contoh bioma hutan basah di Kalimantan	71
Gambar 2.14. Contoh bioma hutan gugur di China	72
Gambar 2.15. Contoh bioma taiga	72
Gambar 2.16. Contoh bioma tundra di Canada.....	73

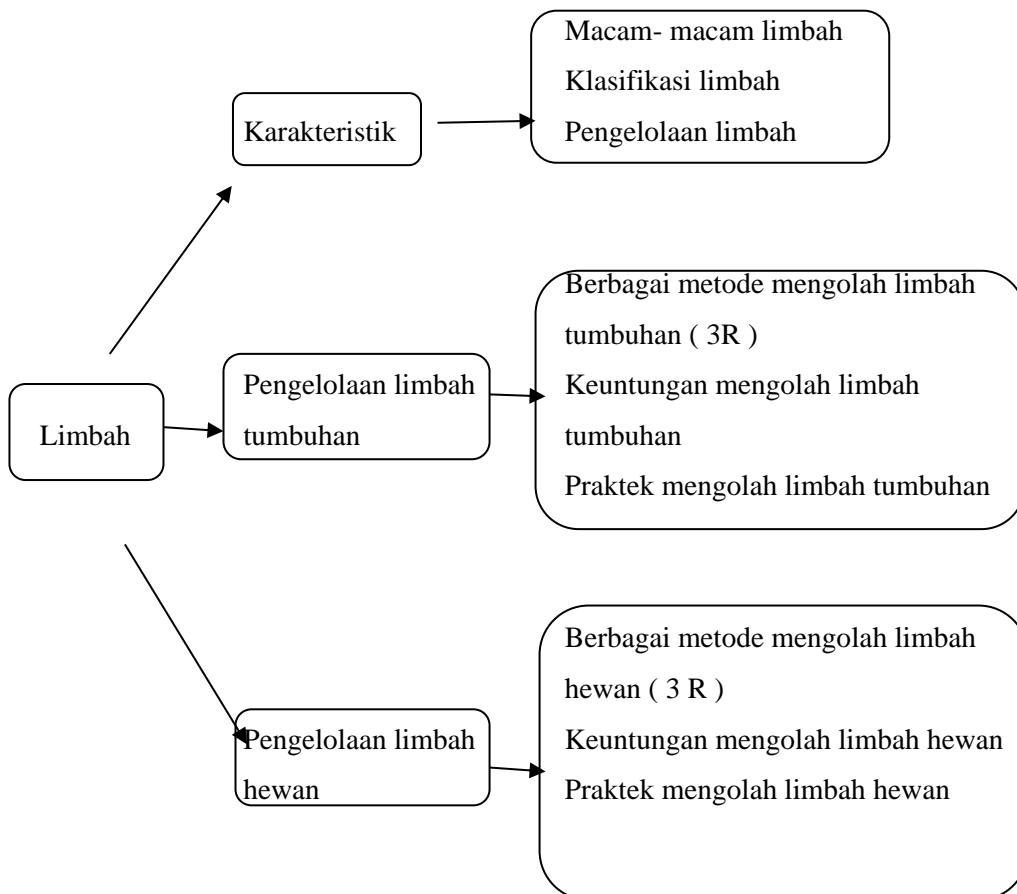
Gambar 2.17. Contoh ekosistem alami kepulauan Seribu	75
Gambar 2.18. Ekosistem buatan kebun teh Bandung	75
Gambar 2.19. Ekosistem perairan laut dangkal	77
Gambar 2.20. Ekosistem terumbu karang Tual.....	78
Gambar 2.21. Ekosistem pantai batu Green Bay Banyuwangi	79
Gambar 2.22. Ekosistem pantai lumpur.....	79
Gambar 2.23. Suksesi tumbuhan dalam rawa	80
Gambar 2.24. Bagan garis besar suksesi sekunder di tanah beriklim basah	84
Gambar 2.25. Rantai makanan.....	88
Gambar 2.26. Jaring makanan	89
Gambar 2.27. Piramida ekologi	90
Gambar 2.28. Piramida biomassa	91
Gambar 2.29. Piramida energi	92
Gambar 2.30. Daur air	96
Gambar 2.31. Daur karbon.....	99
Gambar 2.32. Daur nitrogen	102
Gambar 2.33. Daur fosfor	103
Gambar 2.34. Daur sulfur	104
Gambar 3.1. Pencemaran udara	127
Gambar 3.2. Global warming akibat efek rumah kaca.....	132

BAB 1

LIMBAH

Setelah mempelajari materi bab ini, kalian diharapkan dapat memahami tentang berbagai macam limbah dikaitkan dengan aktifitas (tumbuhan, hewan dan manusia) dan pengelolaannya, serta melakukan pemecahan masalah lingkungan yang berkaitan dengan limbah melalui proses 3R (*Reuse, Reduse, Recycle*)

PETA KONSEP



A. Pengertian Limbah

Sebagian besar kegiatan manusia selalu menyisakan bahan-bahan yang biasa kita sebut limbah. Limbah adalah bahan buangan tidak terpakai yang berdampak negatif terhadap masyarakat jika tidak dikelola dengan baik. Limbah adalah sisa produksi, baik dari alam maupun hasil dari kegiatan manusia.

Beberapa pengertian tentang limbah :

- Berdasarkan keputusan Menperindag RI No. 231/MPP/Kep/7/1997 Pasal I tentang prosedur impor limbah
- +++++, menyatakan bahwa limbah adalah bahan/barang sisa atau bekas dari suatu kegiatan atau proses produksi yang fungsinya sudah berubah dari aslinya.
- Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 18/1999 Jo. PP 85/1999, limbah didefinisikan sebagai sisa atau buangan dari suatu usaha dan/atau kegiatan manusia.

Berdasarkan wujudnya, limbah dapat dikategorikan menjadi :

1. Limbah Padat

Limbah padat berasal dari kegiatan industri maupun domestik. Pada umumnya, limbah domestik berbentuk limbah padat rumah tangga, limbah padat kegiatan perdagangan, perkantoran, peternakan, pertanian, serta dari tempat-tempat umum. Limbah padat atau biasa disebut sampah merupakan limbah terbanyak yang ada di lingkungan. Istilah sampah diberikan kepada barang-barang atau bahan-bahan buangan rumah tangga atau pabrik yang tidak digunakan lagi atau tidak terpakai dalam bentuk padat.

Limbah tidak hanya dihasilkan oleh kegiatan-kegiatan skala besar, seperti oleh industri tekstil dan industri kayu lapis, tetapi juga dihasilkan oleh kegiatan sehari-hari, seperti makan, minum, dan mencuci. Beberapa contoh limbah padat, yaitu kertas, kayu, kain, karet, kulit tiruan, plastik, logam, dan kaca.

2. Limbah Cair

Menurut PP No. 82 Tahun 2001, limbah cair adalah sisa dari suatu hasil usaha atau kegiatan yang berwujud cair. Jenis-jenis limbah cair dapat digolongkan berdasarkan sifatnya, yaitu fisika dan sifat agregat, parameter logam, anorganik nonmetalik, organik agregat, dan mikroorganisme.

3. Limbah gas

Jenis limbah gas yang berada di udara terdiri atas bermacam-macam senyawa kimia. Misalnya, karbon monoksida, karbon dioksida, nitrogen oksida, sulfur dioksida, asam klorida, amonia, metan, dan klorin.

Sumber Limbah atau Sampah

Jika berdasarkan sumbernya, limbah dikelompokkan menjadi 3, yaitu:

a. Limbah Pabrik



Sumber: <http://bandung.bisnis.com/read>

Gambar 1.1. Limbah

Limbah pabrik dapat dikategorikan sebagai limbah yang berbahaya karena mempunyai kadar gas yang bersifat racun. Apabila limbah seperti ini dibuang ke sungai-sungai di sekitar tempat tinggal masyarakat, maka sungai akan tercemari. Padahal masih banyak masyarakat menggunakan air sungai untuk kegiatan sehari-hari, sehingga air yang tercemar limbah ini digunakan oleh masyarakat. Secara langsung gas yang dihasilkan oleh limbah pabrik dikonsumsi dan digunakan oleh masyarakat.

b. Limbah Rumah Tangga

Limbah rumah tangga merupakan limbah yang dihasilkan oleh kegiatan rumah tangga. Jenis limbah rumah tangga sangat beragam, yaitu dapat berupa sisa-sisa sayuran (wortel, kol, bayam, selada), sisa makanan, juga berupa kertas, kardus atau karton. Limbah rumah tangga yang berasal dari sisa obat dan aki memiliki kandungan racun yang tinggi.



Sumber: <http://pramuka-tanjunganom.blogspot.co.id>

Gambar 1.2. Limbah rumah tangga

Limbah rumah tangga yang berasal dari sampah dapur, dapat diolah menjadi pupuk organik, sehingga harus dipisahkan dengan limbah non organik.

c. Limbah Industri

Limbah industri dihasilkan atau berasal dari sisa hasil produksi pabrik atau perusahaan tertentu. Limbah ini mengandung zat yang berbahaya, diantaranya asam anorganik dan senyawa organik. Zat-zat berbahaya tersebut jika masuk ke perairan, akan menimbulkan pencemaran yang dapat membahayakan makhluk hidup pengguna air tersebut, misalnya, ikan, bebek dan makhluk hidup lainnya termasuk juga manusia.



Sumber: <http://ayobandung.com/read> dan <https://news.okezone.com/read/>

Gambar 1.3. Limbah industri

Limbah banyak berasal dari :

- Pemukiman penduduk
- Tempat umum dan tempat perdagangan
- Sarana layanan masyarakat milik pemerintah
- Industri berat dan ringan
- Pertanian termasuk Peternakan

B. Karakteristik dan Jenis Limbah

1. Karakteristik limbah

Karakteristik limbah berhubungan dengan ukuran, sifat limbah, penyebaran, dan dampak yang ditimbulkannya. Limbah merupakan buangan yang dihasilkan dari suatu proses produksi, baik skala rumah tangga (disebut juga limbah domestik) sampai skala industri. Dari asal yang berbeda-beda ini, limbah mempunyai karakteristik yang berbeda-beda.

Secara umum karakteristik limbah adalah sebagai berikut :

- Berukuran mikro sampai makro
- Dinamis
- Penyebarannya berdampak luas
- Berdampak jangka panjang (antar generasi)

Ukuran limbah biasanya kecil (dalam pengertian sumber polusi) dan makro apabila wujudnya padat seperti sampah. Limbah dikatakan bersifat dinamis karena mampu berpindah tempat (udara, air yang terkena limbah). Penyebaran limbah dapat berdampak luas karena berpindah dan menyebar. Limbah yang tidak tertangani dan terus ada mempunyai efek jangka panjang yang mencemari keturunan manusia.

Karakteristik limbah dapat dikelompokkan menjadi karakteristik fisik, kimia, dan biologi sebagai berikut:

Karakteristik fisik

- a. Zat padat
- b. Bau
- c. Suhu
- d. Warna
- e. Kekeruhan

Karakteristik kimia

- a. Bahan organik

- b. BOD (Biological Oxygen Demand)
- c. DO (Dissolved Oxygen)
- d. COD (Chemical Oxygen Demand)
- e. pH (Puissance d'Hydrogen Scale)
- f. Logam berat

Karakteristik biologi

Karakteristik biologi digunakan untuk mengukur kualitas air, terutama air yang dikonsumsi sebagai air minum dan air bersih. Kualitas limbah dipengaruhi oleh beberapa faktor. Faktor yang mempengaruhi kualitas limbah adalah sebagai berikut:

- Volume limbah, banyak sedikitnya limbah memengaruhi kualitas limbah.
- Kandungan limbah, kualitas limbah dipengaruhi oleh kandungan bahan pencemar.
- Frekuensi pembuangan limbah, pembuangan limbah dengan frekuensi yang sering akan menimbulkan masalah.

2. Jenis-jenis Limbah

Limbah dapat dikelompokkan berdasarkan sumber maupun senyawanya agar memudahkan di dalam penanganan limbah.

a. Pengelompokan limbah berdasarkan sumbernya

- Limbah domestik (rumah tangga)
Limbah domestik adalah limbah yang berasal dari kegiatan rumah tangga di lingkungan pemukiman penduduk dan kegiatan usaha seperti pasar, restoran, dan gedung perkantoran.
- Limbah industri
Limbah industri merupakan sisa atau buangan dari hasil proses industri.
- Limbah pertanian
Limbah pertanian berasal dari daerah atau kegiatan pertanian maupun perkebunan.
- Limbah pertambangan
Limbah pertambangan berasal dari kegiatan pertambangan. Jenis limbah yang dihasilkan terutama berupa material tambang, seperti logam dan batuan.
- Limbah pariwisata
Kegiatan wisata menimbulkan limbah yang berasal dari sarana transportasi (polusi udara), dan adanya tumpahan minyak/ oli yang dibuang oleh kapal atau perahu motor di daerah wisata bahari.

- Limbah medis

Limbah yang berasal dari dunia kesehatan atau limbah medis. Obat-obatan dan beberapa zat kimia adalah contoh limbah medis.

b. Pengelompokan Limbah Berdasarkan Jenis Senyawanya

1) Limbah organik

Limbah organik merupakan limbah yang berasal dari makhluk hidup (organik) dan sifatnya mudah membusuk dan terurai.

2) Limbah anorganik

Limbah anorganik merupakan segala jenis limbah yang tidak dapat atau sulit terurai secara alami oleh mikroorganisme pengurai.

3) Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3)

Limbah bahan berbahaya dan beracun adalah kelompok limbah yang secara langsung maupun tidak langsung dapat mencemarkan, membahayakan lingkungan, kesehatan, serta kelangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lainnya.

C. Identifikasi Limbah

Limbah organik maupun limbah anorganik dapat didaur ulang. Daur ulang merupakan upaya untuk mengolah barang atau benda yang sudah tidak dipakai agar dapat dipakai kembali.

Limbah organik dapat dimanfaatkan baik secara langsung (contohnya untuk makanan ternak) maupun secara tidak langsung melalui proses daur ulang (contohnya pengomposan dan biogas). Contoh limbah organik yang dapat didaur ulang, yaitu sisa-sisa dedaunan dan sisa penggergajian.

Sisa-sisa dedaunan dapat di proses menjadi pupuk kompos yang bermutu baik, karena memiliki kandungan unsur hara yang lengkap. Pengomposan harus dilakukan sesuai prosedur agar didapatkan hasil yang maksimal. Bila proses pengomposan dilakukan dengan baik, maka sisa dedaunan itu dapat dipergunakan sebagai pupuk organik yang ramah lingkungan dan berkualitas. Limbah anorganik dapat diproses menjadi sebuah benda yang memiliki nilai seni atau nilai guna. Pemrosesan seperti ini disebut *re use* (menggunakan kembali). Beberapa limbah anorganik yang dapat dimanfaatkan melalui proses daur ulang, misalnya plastik, gelas, logam, dan kertas yang digunakan sebagai pot tanaman maupun barang lainnya.

1. Limbah plastik

Plastik merupakan bahan yang banyak digunakan sebagai peralatan rumah tangga. Plastik digunakan sebagai perabot rumah tangga, seperti ember, piring, gelas, serta pembungkus barang belanjaan. Keunggulan barang yang terbuat dari plastik, yaitu tahan lama dan tidak berkarat. Banyaknya pemanfaatan plastik berdampak pada banyaknya sampah plastik. Plastik sangat sulit untuk dihancurkan secara alami. Untuk hancur secara alami jika dikubur dalam tanah, memerlukan waktu yang sangat lama.

Upaya yang dapat dilakukan adalah memanfaatkan limbah plastik untuk didaur ulang menjadi barang yang sama fungsinya dengan fungsi semula maupun digunakan untuk fungsi yang berbeda. Sebagai contoh, ember plastik bekas, dapat didaur ulang setelah dihancurkan dan hasil daur ulangnya dapat berupa ember kembali atau dibuat produk lain seperti sendok plastik, tempat sampah, atau pot bunga. Plastik dari bekas makanan ringan atau sabun deterjen, dapat didaur ulang menjadi kerajinan, misalnya kantong, dompet, tas laptop, tas belanja, sandal, atau payung. Botol bekas minuman dapat dimanfaatkan untuk membuat mainan anak-anak. Sedotan minuman dapat dibuat bunga-bunga, bingkai foto, taplak meja, hiasan dinding atau hiasan-hiasan lainnya.

2. Limbah logam

Sampah atau limbah dari bahan logam, seperti besi, kaleng, alumunium, dan timah, dapat dengan mudah ditemukan di lingkungan sekitar kita. Sampah dari bahan kaleng biasanya paling banyak kita temukan dan paling mudah kita manfaatkan menjadi barang lain yang bermanfaat, misalnya dijadikan barang kerajinan. Berbagai produk yang dapat dihasilkan dari limbah kaleng di antaranya tempat sampah, vas bunga, gantungan kunci, celengan, dan *gift box*.

3. Limbah Gelas atau Kaca

Limbah gelas atau kaca yang sudah pecah dapat didaur ulang menjadi barang-barang sama seperti barang semula atau menjadi barang lain, seperti botol yang baru, vas bunga, cinderamata, atau hiasan-hiasan lainnya yang mempunyai nilai artistik dan ekonomis.

4. Limbah kertas

Sampah kertas kelihatannya memang mudah hancur dan tidak berbahaya seperti sampah plastik. Akan tetapi, sampah pasti menimbulkan masalah jika berserakan begitu saja. Sampah dari kertas dapat didaur ulang, baik secara langsung ataupun tak langsung.

Secara langsung artinya kertas tersebut langsung dibuat kerajinan atau barang yang berguna lainnya. Sedangkan secara tak langsung artinya kertas tersebut dapat dilebur terlebih dahulu menjadi bubur kertas, kemudian dibuat berbagai kerajinan. Hasil daur ulang kertas banyak sekali ragamnya, seperti kotak hiasan, sampul buku, bingkai foto, dan tempat pensil.

5. Limbah B3 (Berbahaya, Beracun)

Definisi dari limbah B3 berdasarkan BAPEDAL (1995) adalah setiap bahan sisa atau limbah suatu kegiatan proses produksi yang mengandung bahan berbahaya dan beracun karena sifat (*toxicity, flammability, reactivity, dan corrosivity*), serta konsentrasi atau jumlahnya yang baik secara langsung maupun tidak langsung dapat merusak dan mencemarkan lingkungan, atau membahayakan kesehatan manusia.

Limbah B3 dikarakterisasikan berdasarkan beberapa parameter, yaitu *total solids residue* (TSR), kandungan *fixed residue* (FR), kandungan *volatile solids* (VR), kadar air (*sludge moisture content*), volume padatan, serta karakter atau sifat B3 (toksisitas, sifat korosif, sifat mudah terbakar, sifat mudah meledak, beracun, serta sifat kimia dan kandungan senyawa kimia). Suatu limbah digolongkan sebagai limbah B3 jika mengandung bahan berbahaya atau beracun yang sifat dan konsentrasinya baik langsung maupun tidak langsung, dapat merusak atau mencemarkan lingkungan hidup atau membahayakan kesehatan manusia.



Sumber: <http://www.jhonlinmagz.com>

Gambar 1.4. Limbah B3

Yang termasuk limbah B3 antara lain adalah bahan baku yang berbahaya dan beracun yang tidak digunakan lagi karena rusak, sisa kemasan, tumpahan, sisa proses, dan oli bekas kapal yang memerlukan penanganan dan pengolahan khusus.

Berdasarkan sumbernya, limbah B3 dapat diklasifikasikan menjadi:

- *Primary sludge*, yaitu limbah yang berasal dari tangki sedimentasi pada pemisahan awal dan banyak mengandung biomassa senyawa organik yang stabil dan mudah menguap
- *Chemical sludge*, yaitu limbah yang dihasilkan dari proses koagulasi dan flokulasi
- *Excess activated sludge*, yaitu limbah yang berasal dari proses pengolahan dengan lumpur aktif sehingga banyak mengandung padatan organik berupa lumpur dari hasil proses tersebut
- *Digested sludge*, yaitu limbah yang berasal dari pengolahan biologi dengan *digested aerobic* maupun *anaerobic* di mana padatan/lumpur yang dihasilkan cukup stabil dan banyak mengandung padatan organik.

Karakteristik limbah beracun, yaitu:

- Limbah mudah meledak adalah limbah yang melalui reaksi kimia dapat menghasilkan gas dengan suhu dan tekanan tinggi yang dengan cepat dapat merusak lingkungan.
- Limbah mudah terbakar adalah limbah yang bila berdekatan dengan api, percikan api, gesekan atau sumber nyala lain akan mudah menyala atau terbakar dan bila telah menyala akan terus terbakar hebat dalam waktu lama.
- Limbah reaktif adalah limbah yang menyebabkan kebakaran karena melepaskan atau menerima oksigen atau limbah organik peroksida yang tidak stabil dalam suhu tinggi.
- Limbah beracun adalah limbah yang mengandung racun yang berbahaya bagi manusia dan lingkungan. Limbah B3 dapat menimbulkan kematian atau sakit bila masuk ke dalam tubuh melalui pernapasan, kulit, atau mulut.
- Limbah yang menyebabkan infeksi adalah limbah laboratorium yang terinfeksi penyakit atau limbah yang mengandung kuman penyakit, seperti bagian tubuh manusia yang diamputasi dan cairan tubuh manusia yang terkena infeksi.
- Limbah yang bersifat korosif adalah limbah yang menyebabkan iritasi pada kulit atau mengkorosikan baja, yaitu memiliki pH sama atau kurang dari 2,0 untuk limbah yang bersifat asam dan lebih besar dari 12,5 untuk yang bersifat basa.

Limbah cair yang dibuang ke perairan akan mengotori air yang dipergunakan untuk berbagai keperluan dan mengganggu kehidupan biota air. Limbah padat akan mencemari tanah dan sumber air tanah. Limbah gas yang dibuang ke udara pada umumnya

mengandung senyawa kimia berupa SO_x, NO_x, CO, dan gas-gas lain yang tidak diinginkan.

Adanya SO₂ dan NO_x diudara dapat menyebabkan terjadinya hujan asam yang dapat menimbulkan kerugian karena dapat merusak bangunan, ekosistem perairan, lahan pertanian, dan hutan.

Limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) yang sangat ditakuti adalah limbah dari industri kimia. Limbah dari industri kimia pada umumnya mengandung berbagai macam unsur logam berat yang mempunyai sifat akumulatif dan beracun (*toxic*) sehingga berbahaya bagi kesehatan manusia.

Limbah pertanian yang paling utama adalah pestisida dan pupuk. Walau pestisida digunakan untuk membunuh hama, tetapi jika pemakaiannya tidak sesuai dengan peraturan keselamatan kerja, pestisida menjadi biosida – pembunuh kehidupan. Pestida yang berlebihan pemakaiannya, akhirnya mengkontaminasi sayuran dan buah- buahan yang dapat menyebabkan konsumennya keracunan.

Pupuk sering dipakai berlebihan, sisanya jika sampai diperairan dapat merangsang pertumbuhan gulma penyebab timbulnya eutrofikasi. Pemakaian herbisida untuk mengatasi eutrofikasi menjadi penyebab terkontaminasinya ikan, udang, dan biota air lainnya.

Pertambangan memerlukan proses lanjutan pada pengolahan hasil tambang menjadi bahan yang diinginkan. Misalnya, proses di pertambangan emas, memerlukan bahan air raksa atau mercury yang akan menghasilkan limbah logam berat cair penyebab keracunan syaraf dan merupakan bahan teratogenik.

Kegiatan sektor pariwisata menimbulkan limbah melalui sarana transportasi, dengan limbah gas buang di udara, tumpahan minyak dan oli dilaut sebagai limbah perahu atau kapal motor di kawasan wisata bahari.

Contoh limbah B3 adalah logam berat, seperti Al, Cr, Cd, Cu, Fe, Pb, Mn, Hg, dan Zn serta zat kimia, seperti pestisida, sianida, sulfida, dan fenol. Cd dihasilkan dari lumpur dan limbah industri kimia tertentu, sedangkan Hg dihasilkan dari industri klor-alkali, industri cat, kegiatan pertambangan, industri kertas, serta pembakaran bahan bakar fosil. Pb dihasilkan dari peleburan timah hitam dan accu. Logam-logam berat pada umumnya bersifat racun sekalipun dalam konsentrasi rendah. Daftar lengkap limbah B3 dapat dilihat di PP No. 85 Tahun 1999: Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3).

Penanganan atau pengolahan limbah padat atau lumpur B3 pada dasarnya dapat dilaksanakan di dalam unit kegiatan industri (*on-site treatment*) maupun oleh pihak ketiga

(*off-site treatment*) di pusat pengolahan limbah industri. Apabila pengolahan dilaksanakan secara *on-site treatment*, perlu dipertimbangkan hal-hal berikut:

- jenis dan karakteristik limbah padat yang harus diketahui secara pasti agar teknologi pengolahan dapat ditentukan dengan tepat; selain itu, antisipasi terhadap jenis limbah di masa mendatang juga perlu dipertimbangkan
- jumlah limbah yang dihasilkan harus cukup memadai sehingga dapat mempertimbangkan biaya yang akan dikeluarkan dan perlu dipertimbangkan pula berapa jumlah limbah dalam waktu mendatang (1 hingga 2 tahun ke depan)
- pengolahan *on-site* memerlukan tenaga tetap (*in-house staff*) yang menangani proses pengolahan sehingga perlu dipertimbangkan manajemen sumber daya manusianya
- peraturan yang berlaku dan antisipasi peraturan yang akan dikeluarkan pemerintah di masa mendatang agar teknologi yang dipilih tetap dapat memenuhi standar

D. Pengelolaan Limbah

1. Pengelolaan Limbah Padat

Beberapa cara yang dapat dilakukan untuk mengelola atau mengolah limbah dilakukan berdasarkan *reduce, reuse, recycle, dan recovery*. Pengolahan limbah padat dapat dilakukan dengan *Sanitary Landfill*.

- Pembuangan sampah di suatu ruang, dimampatkan dengan alat bulldozers dan kemudian ditutup tanah sehingga tidak menimbulkan bau, tidak ada vektor yang datang dan bersih serta saniter.
 - Desain tepat dari *Sanitary landfill* dimulai dari pemilihan lokasi, yaitu tanah yang kering dan banyak mengandung tanah liat, karena metode ini menghasilkan air lindi (*leachate*) yang bisa mencemari lingkungan sekitarnya.
 - Harus dilengkapi hidrant karena *sanitary landfill* menghasilkan gas yang mudah terbakar dan meledak (methane dan H₂S), di samping itu *water flusher* untuk cuci kendaraan dan bersihkan jalan kotor akibat debu dan lumpur.
 - Untuk mempertahankan supaya *sanitary landfill* awet dan bertahan lama, maka harus diaplikasikan prinsip 4R, yang akan mengurangi volume sampah di sumbernya, sampah yang dibuang ke *sanitary landfill*, volumenya tinggal sedikit.
- Perilaku konsumen merupakan kunci keberhasilan prinsip 4R ini, hanya membeli produk yang dibutuhkan, pilih barang yg tidak ada bungkus berlebihan, pakai barang yg *reuseable*, jangan yang *disposable*.

Recycling = Resource Recovery mengurangi volume sampah, terutama botol gelas dan plastik, kertas, dan kardus kemasan. *Composting* juga termasuk metode daur ulang incinerator

- Pendekatan lain yg bermanfaat adalah incinerator yg dapat mengurangi volume sampah sekaligus mengubah sampah menjadi panas dan energi, yang khusus didesain dgn perlengkapan minimisasi emisi gas pembakaran.
- Bahaya emisi gas buang incinerator adalah karena mengandung gas toksik meliputi gas dioksin dan furans dari pembakaran plastik, timbal, cadmium, dan uap mercury karena pembakaran battery bercampur sampah kota lainnya.
- Residu pembakaran harus diolah lagi sebelum di buang ke lingkungan karena mengandung bahan berbahaya dan beracun.

Penggunaan Cacing Mealworm (*Tenebrio molitor*)

Baru-baru ini ditemukan cacing yang mampu mengolah limbah stereofom (*plastik polystyrene*) .



Sumber: Yang *et al.*, 2016

Gambar 1.5. Aktivitas Konsumsi Ulat Hongkong pada Styrofoam

Berdasarkan penelitian ilmiah yang telah dilakukan oleh Yang *et al.* (2016) ditemukan mekanisme degradasi *polystyrene* menggunakan populasi ulat hongkong atau *mealworms* (*Tenebrio molitor* stadia *larvae*). Ulat hongkong tersebut telah dibuktikan mampu untuk mendegradasi *polystyrene* dalam jumlah tertentu dengan cara dikonsumsi (Gambar 1.). Mekanisme pencernaan *polystyrene* di dalam perut ulat tersebut dibantu oleh eksistensi dari bakteri jenis *Exiguobacterium sp* yang mampu memecah rantai panjang polimer dari *styrene* menggunakan enzim yang dihasilkan.

2. Pengelolaan Limbah Cair

Beberapa jenis limbah cair adalah

- a. Human excreta
- b. Sewage (air limbah)

a. Human ekskreta

Human ekskreta meliputi feses dan urine. Limbah ini dapat menjadi sumber penyakit atau pembawa penyakit yang dapat ditularkan oleh lalat.

Faktor yang dapat mempengaruhi transmisi penyakit dari tinja adalah

- 1) Agen penyebab penyakit.
- 2) Reservoir.
- 3) Cara menghindar dari reservoir.
- 4) Cara transmisi dari reservoir ke pejamu potensial
- 5) Cara penularan ke pejamu baru.
- 6) Pejamu yang rentan/sensitif.

Metode pembuangan kotoran manusia adalah:

a) unSewered

Metode unsewered menggunakan saluran air dan tempat pengolahan air kotor. Misalnya Septik tank.

Septik Tank

- Kapasitas 20-30 galon/orang. Tergantung dari jumlah pengguna.
- Ukuran panjang 2x lebar.
- Kedalaman 1,5-2 meter.
- Kedalaman cairan 1,2 m.
- Ruang udara min 30 cm dari titik tertinggi cairandi dalam tank dengan permuk bawah tertutup.
- Dasar dibuat miring ke arah lubang pembuangan.
- Ada lubang air masuk dan keluar, terdapat pipa.
- Pelapis terbuat dari papan kuat dengan tebal yang sama.
- Periode retensi dirancang 24 jam

Mekanisme kerja Septik Tank

Mekanisme kerja septi tank terdiri atas dua tahap:

Tahap pertama: anaerobic digestion , yaitu penguraian benda padat menggunakan bakteri dan jamur. Cara kerjanya adalah benda padat diuraikan oleh bakteri anaerob dan jamur menjadi senyawa kimia yang sederhana. Cairan yang keluar melalui pembuangan disebut affluent yang mengandung bakteri, kista dan bahan-bahan organik dalam bentuk cair maupun suspensi.

Tahap Kedua: oksidasi anaerobik

Tahap kedua adalah oksidasi secara aerob. Bahan-bahan organik kemudian dioksidasi menjadi hasil akhir yang stabil, seperti nitrat dan air.

Dalam kegiatan oksidasi anaerobik ini beberapa hal yang harus diperhatikan adalah

- Hindari penggunaan sabun dan desinfektan seperti fenol.
- Septik tank dikuras setiap setahun.
- Sebaiknya diisi air dulu sampai sal pembuangan, baru ditutup lumpur.

b) Sewered

Sewered adalah pengumpulan dan pengangkutan ekskreta dan air limbah dari kawasan biasanya terletak di pinggiran kota.

Cairan buangan yang berasal dari rumah tangga, industri, dan tempat-tempat umum lainnya biasanya mengandung bahan-bahan atau zat yang dapat membahayakan kehidupan manusia serta mengganggu kelestarian lingkungan. Agar cairan buangan tidak mengganggu lingkungan, maka harus diolah terlebih dulu.

Syarat sistem pengelolaan air limbah bertujuan agar

- Tidak mengkontaminasi sumber air minum.
- Tidak mengakibatkan pencemaran air permukaan.
- Tidak menimbulkan pencemaran pada flora dan fauna yang hidup di air dalam penggunaannya sehari-hari.
- Tidak dihindangi oleh vektor ataupun serangga yang menyebabkan penyakit.
- Tidak terbuka dan harus tertutup.
- Tidak menimbulkan bau dan aroma tidak sedap.

Metode pengelolaan Sewered adalah

- Pengenceran (disposal by dilution)
- Sumur resapan

- Septik tank

b. Sewage (air limbah)

Limbah cair di klasifikasikan menjadi empat kelompok sebagai berikut.

- 1) Limbah cair domestik (*domestic wastewater*), yaitu limbah cair hasil buangan dari rumah tangga, perkantoran, bangunan perdagangan, dan sarana sejenis. Contoh: air sabun, air detergen sisa cucian, dan air tinja.
- 2) Limbah cair industri (*industrial wastewater*), yaitu limbah cair hasil buangan industri. Contoh: air sisa cucian sayur, buah, dan daging dari industri pengolahan makanan, serta sisa dari pewarnaan kain dari industri tekstil.
- 3) Rembesan dan luapan (*infiltration and inflow*), yaitu limbah cair yang berasal dari berbagai sumber yang memasuki saluran pembuangan limbah cair melalui rembesan ke alam tanah atau melalui luapan dari permukaan. Contoh: air buangan dari talang atap dan buangan pendingin ruangan (AC).
- 4) Air hujan (*storm water*), yaitu limbah cair yang berasal dari aliran air hujan di atas permukaan tanah.

Tahapan proses pengolahan limbah cair dengan kandungan polutan yang berbeda membutuhkan proses pengolahan sebagai berikut:

1) Pengolahan Primer

Tahap pengolahan primer limbah cair sebagian besar adalah berupa proses pengolahan secara fisika.

Penyaringan (*Screening*)

Pertama, limbah yang mengalir melalui saluran pembuangan disaring menggunakan jeruji saring. Metode penyaringan merupakan cara yang efisien dan murah untuk menyaring bahan-bahan padat berukuran besar dari air limbah.

Pengolahan Awal (*Pretreatment*)

Kedua, limbah yang telah disaring kemudian disalurkan ke tangki atau bak yang berfungsi untuk memisahkan pasir dan partikel padat lain yang berukuran relatif besar. Tangki ini disebut *grit chamber* dan cara kerjanya adalah dengan memperlambat aliran limbah sehingga partikel – partikel pasir jatuh ke dasar tangki sementara air limbah terus dialirkan untuk proses selanjutnya.

Pengendapan

Setelah melalui tahap pengolahan awal, limbah cair akan dialirkan ke tangki atau bak pengendapan. Metode pengendapan adalah metode pengolahan utama dan yang paling banyak digunakan pada proses pengolahan primer limbah cair. Di tangki pengendapan, limbah cair didiamkan agar partikel – partikel padat yang tersuspensi dalam air limbah dapat mengendap ke dasar tangki. Endapan partikel tersebut akan membentuk lumpur yang kemudian akan dipisahkan dari air limbah ke saluran lain untuk diolah lebih lanjut. Selain metode pengendapan, dikenal juga metode pengapungan.

Pengapungan

Metode ini efektif digunakan untuk menyingkirkan polutan berupa minyak atau lemak. Proses pengapungan dilakukan dengan menggunakan alat yang dapat menghasilkan gelembung- gelembung udara berukuran kecil ($\pm 30 - 120$ mikron). Gelembung udara tersebut akan membawa partikel –partikel minyak dan lemak ke permukaan air limbah sehingga kemudian dapat disingkirkan.

Jika limbah cair hanya mengandung polutan yang dapat disingkirkan melalui proses pengolahan primer, maka limbah cair yang telah mengalami proses pengolahan primer tersebut dapat langsung dibuang ke perairan (sungai). Jika limbah juga mengandung polutan lain yang sulit dihilangkan melalui proses tersebut, misalnya senyawa organik dan anorganik terlarut, maka limbah tersebut perlu disalurkan ke proses pengolahan selanjutnya.

2) Pengolahan Sekunder (Secondary Treatment)

Pengolahan sekunder merupakan proses pengolahan secara biologis, yaitu dengan melibatkan mikroorganisme yang dapat menguraikan bahan organik. Contohnya adalah bakteri aerob.

Terdapat tiga metode pengolahan secara biologis yang digunakan, yaitu metode penyaringan dengan tetesan (*trickling filter*), metode lumpur aktif (*activated sludge*), dan metode kolam perlakuan (*treatment ponds*).

a)Metode *Trickling Filter*

Pada metode ini, bakteri aerob yang digunakan untuk menguraikan bahan organik yang melekat dan tumbuh pada suatu lapisan media kasar, biasanya berupa serpihan batu atau plastik, dengan ketebalan $\pm 1 - 3$ m. Limbah cair kemudian disemprotkan ke

permukaan media dan dibiarkan merembes melewati media tersebut. Selama proses perembesan, bahan organik yang terkandung dalam limbah akan diuraikan oleh bakteri aerob. Setelah merembes sampai ke dasar lapisan media, limbah akan menetes ke suatu wadah penampung dan kemudian disalurkan ke tangki pengendapan.

Dalam tangki pengendapan, limbah kembali mengalami proses pengendapan untuk memisahkan partikel padat tersuspensi dan mikroorganisme dari air limbah. Endapan yang terbentuk akan mengalami proses pengolahan limbah lebih lanjut, sedangkan air limbah akan dibuang ke lingkungan atau disalurkan ke proses pengolahan selanjutnya jika masih diperlukan

b) Metode *Activated Sludge*

Limbah cair disalurkan ke sebuah tangki dan di dalamnya dicampur dengan lumpur yang penuh dengan bakteri aerob. Proses penguraian berlangsung dalam tangki selama beberapa jam dengan pemberian aerasi (pemberian oksigen). Aerasi akan mempercepat kerja bakteri dalam menguraikan limbah. Limbah kemudian disalurkan ke tangki pengendapan untuk mengalami proses pengendapan, sementara lumpur yang mengandung bakteri disalurkan kembali ke tangki aerasi. Seperti pada metode trickling filter, limbah yang telah melalui proses tersebut, dapat dibuang ke lingkungan atau diproses lebih lanjut jika masih diperlukan.

c) Metode *Treatment ponds/ Lagoons*

Metode *treatment ponds/lagoons* atau kolam perlakuan merupakan metode yang murah namun prosesnya berlangsung relatif lambat. Pada metode ini, limbah cair ditempatkan dalam kolam-kolam terbuka. Algae yang tumbuh dipermukaan kolam akan berfotosintesis menghasilkan oksigen. Oksigen tersebut kemudian digunakan oleh bakteri aero untuk proses penguraian/degradasi bahan organik dalam limbah. Pada metode ini, terkadang kolam juga diaerasi. Selama proses degradasi di kolam, limbah juga akan mengalami proses pengendapan. Setelah limbah terdegradasi dan terbentuk endapan di dasar kolam, air limbah dapat disalurkan untuk dibuang ke lingkungan atau diolah lebih lanjut.

3) Pengolahan Tersier (Tertiary Treatment)

Pengolahan tersier dilakukan jika setelah pengolahan primer dan sekunder masih terdapat zat tertentu dalam limbah cair yang dapat berbahaya bagi lingkungan atau masyarakat. Pengolahan tersier bersifat khusus, artinya pengolahan ini disesuaikan dengan

kandungan zat yang tersisa dalam limbah cair / air limbah. Umumnya zat yang tidak dapat dihilangkan sepenuhnya melalui proses pengolahan primer maupun sekunder adalah zat-zat anorganik terlarut, seperti nitrat, fosfat, dan garam.

Pengolahan tersier sering disebut juga pengolahan lanjutan (*advanced treatment*). Pengolahan ini meliputi berbagai rangkaian proses kimia dan fisika. Contoh metode pengolahan tersier yang dapat digunakan adalah *vacum filter*, penyerapan dengan karbon aktif, pengurangan besi dan mangan, dan osmosis bolak-balik.

Metode pengolahan tersier jarang diaplikasikan pada fasilitas pengolahan limbah. Hal ini disebabkan biaya yang diperlukan cenderung tinggi sehingga tidak ekonomis.

Purifikasi air limbah

- Untuk menstabilkan bahan-bahan organik melalui proses stabilisasi.
- Untuk menghasilkan affluent yang bebas dari keadaan patogen.
- Air dapat digunakan tanpa resiko gangguan kesehatan.

Indikator Evaluasi Pengolahan Limbah

Untuk mengevaluasi pengolahan limbah cair dapat dilakukan dengan cara melihat

- Akumulasi limbah yang tidak terangkut atau terolah.
- Pengukuran tingkat kepadatan lalat (indeks lalat).
- Ada tidaknya keluhan baik dari masyarakat yang bertempat tinggal di rumah sakit, pengunjung, pasien, serta petugas RS sendiri.
- Dilakukan uji terhadap air hasil pengolahan, baik bahan organik maupun anorganik

3. Penanganan Limbah B3

Limbah B3 merupakan limbah yang sangat berbahaya sehingga memerlukan penanganan secara khusus. *Container* harus ditangani dengan perlakuan khusus, mengingat bahaya dan resiko yang mungkin timbul apabila limbah ini menyebar ke lingkungan. Penanganan yang dimaksud adalah proses pengemasan, penyimpanan, dan pengangkutannya. Pengemasan limbah B3 dilakukan sesuai dengan karakteristik limbahnya. Secara umum dapat dikatakan bahwa kemasan limbah B3 harus memiliki kondisi yang baik, bebas dari karat dan kebocoran, juga terbuat dari bahan yang tidak bereaksi dengan limbah di dalamnya. Untuk limbah yang mudah meledak, kemasan harus dibuat rangkap di mana kemasan bagian dalam harus dapat menahan agar zat tidak bergerak dan mampu menahan kenaikan tekanan dari dalam atau dari luar kemasan. Limbah yang

bersifat *self-reactive* dan peroksida organik juga memiliki persyaratan khusus dalam pengemasannya. Pembantalan kemasan limbah jenis ini dibuat dari bahan yang tidak mudah terbakar dan tidak mengalami penguraian (dekomposisi) saat berhubungan dengan limbah. Jumlah yang dikemas pun terbatas sebesar maksimum 50 kg per kemasan, sedangkan limbah yang memiliki aktivitas rendah biasanya dapat dikemas hingga 400 kg per kemasan.

Limbah B3 yang diproduksi dari sebuah unit produksi dalam sebuah pabrik harus disimpan dengan perlakuan khusus sebelum akhirnya diolah di unit pengolahan limbah. Penyimpanan harus dilakukan dengan sistem blok dan tiap blok terdiri atas 4 kemasan. Limbah harus diletakkan dan harus dihindari adanya kontak antara limbah yang tidak kompatibel. Bangunan penyimpanan limbah harus dibuat dengan lantai kedap air, tidak bergelombang, dan melandai ke arah bak penampung dengan kemiringan maksimal 1%. Bangunan juga harus memiliki ventilasi yang baik, terlindung dari masuknya air hujan, dibuat tanpa plafon, dan dilengkapi dengan sistem penangkal petir. Limbah yang bersifat reaktif atau korosif memerlukan bangunan penyimpanan yang memiliki konstruksi dinding yang mudah dilepas untuk memudahkan keadaan darurat dan dibuat dari bahan konstruksi yang tahan api dan korosi.

Pengangkutan limbah B3,

Limbah gas yang mudah terbakar harus dilengkapi dengan *head shields* pada kemasannya sebagai pelindung dan tambahan pelindung panas untuk mencegah kenaikan suhu yang cepat. Di Amerika juga diperlakukan rute pengangkutan khusus, selain juga adanya kewajiban kelengkapan *Material Safety Data Sheets* (MSDS) yang ada di setiap truk dan di dinas pemadam kebakaran.

Pembuangan Limbah B3 (*Disposal*)

Sebagian dari limbah B3 yang telah diolah atau tidak dapat diolah dengan teknologi yang tersedia, harus berakhir pada pembuangan (*disposal*). Tempat pembuangan akhir yang banyak digunakan untuk limbah B3 ialah *landfill* (lahan urug) dan *disposal well* (*sumur pembuangan*). Di Indonesia, peraturan secara rinci mengenai pembangunan lahan urug telah diatur oleh Badan Pengendalian Dampak Lingkungan (BAPEDAL) melalui Kep-04/BAPEDAL/09/1995.

Landfill untuk penimbunan limbah B3 diklasifikasikan menjadi tiga jenis, yaitu:

- *secured landfill double liner*,

- *secured landfill single liner*, dan
- *landfill clay liner*, dan masing-masing memiliki ketentuan khusus sesuai dengan limbah B3 yang ditimbun.

Bagian dasar *secured landfill* terdiri atas tanah, lapisan dasar, sistem deteksi kebocoran, lapisan tanah penghalang, sistem pengumpulan dan pemindahan lindi (*leachate*), dan lapisan pelindung. Untuk kasus tertentu sistem pengumpulan dan pemindahan lindi harus dilapisi geomembran. Bagian penutup terdiri atas penutup tanah, tudung penghalang, tudung geomembran, pelapis tudung drainase, dan pelapis tanah untuk tumbuhan dan vegetasi penutup. *Secured landfill* harus dilapisi sistem pemantauan kualitas air tanah dan air permukaan di sekitar lokasi agar mengetahui apakah ada kebocoran pada *secured landfill*. Selain itu, lokasi *secured landfill* tidak boleh dimanfaatkan agar tidak beresiko bagi manusia dan habitat di sekitarnya.

Deep Injection Well. Pembuangan limbah B3 melalui metode ini masih mejadi kontroversi dan masih diperlukan pengkajian yang komprehensif terhadap efek yang mungkin ditimbulkan. Data menunjukkan bahwa pembuatan sumur injeksi di Amerika Serikat paling banyak dilakukan pada tahun 1965-1974 dan hampir tidak ada sumur baru yang dibangun setelah tahun 1980.

Sumur injeksi atau sumur dalam (*deep well injection*) digunakan di Amerika Serikat sebagai salah satu tempat pembuangan limbah B3 cair (*liquid hazardous wastes*). Pembuangan limbah ke sumur dalam merupakan suatu usaha membuang limbah B3 ke dalam formasi geologi yang berada jauh di bawah permukaan bumi yang memiliki kemampuan mengikat limbah, sama halnya formasi tersebut memiliki kemampuan menyimpan cadangan minyak dan gas bumi. Hal yang penting untuk diperhatikan dalam pemilihan tempat ialah strktur dan kestabilan geologi serta hidrogeologi wilayah setempat.

Limbah B3 diinjeksikan ke dalam suatu formasi berpori (tanah padas) yang berada jauh di bawah lapisan yang mengandung air tanah. Di antara lapisan tersebut harus terdapat lapisan impermeable shale atau tanah liat yang cukup tebal sehingga cairan limbah tidak dapat bermigrasi. Kedalaman sumur ini sekitar 0,5 hingga 2 mil dari permukaan tanah.

Tidak semua jenis limbah B3 dapat dibuang dalam sumur injeksi, karena beberapa jenis limbah dapat mengakibatkan gangguan dan kerusakan pada sumur dan formasi penerima limbah. Hal tersebut dapat dihindari dengan tidak memasukkan limbah yang dapat mengalami perubahan bentuk, memiliki partikel padatan, dapat membentuk emulsi, bersifat asam kuat atau basa kuat, bersifat aktif secara kimia, dan memiliki densitas dan viskositas yang lebih rendah daripada cairan alami dalam formasi geologi.

4. Pengelolaan Limbah Tumbuhan

Limbah tumbuhan didapatkan dari sisa hasil panen maupun sampah pohon di pekarangan . Limbah yang berasal dari sisa panen biasa disebut limbah pertanian meliputi sekam, jerami padi, jerami jagung, sisa sayuran. Limbah pertanian ini umumnya sudah banyak diolah (*recycle*) menjadi produk yang bermanfaat, seperti pakan ternak, campuran bata merah, pupuk organik, budidaya ikan dan jamur.

a. Pakan Ternak

Bahan Limbah Untuk Fermentasi

Salah satu bahan limbah pertanian yang bisa dipilih dalam pakan fermentasi adalah tangkai jagung kering. Jika dibandingkan dengan jagung, tangkai jagung ini secara praktis hanya bagian dari sisa panen jagung. Namun limbah semacam ini bisa memiliki nilai lebih bila diolah menjadi pakan ternak. Pakan yang berasal dari limbah jagung, dapat diolah dengan cara fermentasi. Selain tangkai jagung, tongkol jagung juga layak dipakai untuk bahan pakan ternak. Ini tidak lepas dari kenyataan bahwa tongkol jagung sebenarnya punya kandungan serat dan protein yang dibutuhkan sapi. Untuk hasil terbaik, fermentasi tongkol jagung sebaiknya berupa batang yang dipecahkan bukan yang sudah menjadi tepung.

Komposisi Teknis Fermentasi

Fermentasi dapat dilakukan pada berbagai limbah pertanian. Secara teknis harus mempunyai pengetahuan tentang cara fermentasi yang baik dan benar. Salah satunya adalah terkait dengan komposisi dalam proses fermentasi itu sendiri. Cara pembuatan pakan fermentasi limbah jerami akan memberikan hasil yang sesuai dengan harapan. Jerami kering dicampur dengan polard dengan perbandingan 10 banding 2, lalu air ditambahkan secukupnya. Campuran ini kemudian diletakkan di dalam wadah fermentasi (tertutup) sekitar 1 minggu. Tanda bahwa fermentasi jerami kering berhasil adalah aroma harum dan tekstur jerami yang tidak berubah dari sebelumnya.

Manfaat Pakan Fermentasi Bagi Sapi

Keunggulan pakan organik alternatif yang diperoleh dari hasil fermentasi tidak hanya terkait dengan soal biaya. Secara alami, sapi sebenarnya melakukan

proses frementasi dalam proses pencernaannya. Dengan adanya pakan yang sudah difermentasi ini, setidaknya tubuh sapi bisa langsung menyerap sari makanan. Meskipun demikian, perlu juga dicatat bahwa jumlah total pakan yang harus diberikan pada sapi setidaknya mencapai 10% dari total berat sapi. Pemberian pakan yang kurang hanya akan menghambat kesehatan reproduksi sapi.

Pakan Alternatif Konvensional

Selain pakan alternatif inovatif seperti aneka hasil fermentasi ini, pakan alternatif konvensional seperti dedak sebenarnya juga masih banyak digunakan. Hal ini tidak lepas dari cara pembuatan yang sudah dikenal selama bertahun-tahun. Bahkan penggunaan dedak juga diarahkan untuk pembuatan pelet ikan. Pakan jenis ini biasanya dipakai pada kolam ikan lele. Jika dibandingkan dengan aneka pakan fermentasi, proses membuat pakan lele sendiri relatif lebih mudah.

b. Pelet Pakan Ternak dan Ikan

Pellet adalah olahan ransum (makanan) yang umumnya berbentuk silinder atau bulat dibuat dari berbagai bahan pakan dengan komposisi tertentu. Tujuan dan manfaat membuat pellet dalam dunia peternakan antara lain: untuk mengurangi hilangnya nutrisi pakan, meningkatkan kualitas pakan, lebih efisien dalam penyimpanan dan pemberian pakan

Pelet merupakan kebutuhan pokok bagi para peternak, khususnya untuk peternak ayam, burung, kelinci, ikan, dan bahkan untuk babi. Sehingga dengan jumlah petani ternak yang besar tersebut, maka usaha pembuatan pakan ternak berupa pellet menjadi salah satu alternatif usaha yang menjanjikan.

Berikut adalah langkah-langkah memulai usaha pembuatan pellet:

Menentukan jenis pelet yang akan diproduksi

Langkah pertama yang anda lakukan adalah menentukan jenis pellet apa yang akan diproduksi. Untuk menentukan jenis pelet tersebut, ada baiknya didasarkan pada jenis ternak yang banyak dipelihara di daerah anda. Hal ini merupakan langkah hemat dalam memulai usaha pembuatan pellet. Jika di

wilayah anda banyak terdapat peternakan lele, maka sebagai langkah permulaannya lebih baik mencetak jenis pellet ikan saja.

Mengumpulkan bahan dan alat pembuatan pellet

Untuk membuat pakan pellet dapat dilakukan dengan metode manual atau menggunakan mesin cetak pelet (pelletizer).

Alat-alat yang diperlukan, diantaranya: mesin penggiling atau mesin membuat tepung/hummer mill (jika modal tidak mencukupi, bisa memakai jasa penggilingan); mesin mixing mill yang berfungsi mencampur bahan-bahan tersebut (harga sekitar 2 juta rupiah, namun bisa dilakukan secara manual), dan mesin cetak pellet (harga sekitar 3 juta rupiah, namun yang versi manual dibawah 1 juta rupiah).

Contoh pembuatan pelet pakan ikan dari limbah pertanian

Syarat pelet buatan adalah mengandung nilai gizi tinggi, mudah diolah, dan tidak mengandung racun, harga terjangkau, mudah untuk diperoleh, bukan merupakan makanan pokok manusia dan butirannya halus serta dapat dihaluskan. Komposisi yang dapat digunakan adalah dedak atau bekatul, keong mas, limbah ikan rucah, daun pepaya, vitamin, konsentrat, ragi tempe.

- Dedak, keong sawah, vitamin, konsentrat dicampur menjadi satu dan aduk merata, kemudian ditambahkan dengan ragi tempe sebanyak 3 sdm atau 125 gram. Aduk merata.
- Tutup rapat adonan tersebut dan diamkan semalaman agar proses fermentasi dapat berlangsung dengan baik.
- Pagi harinya, adonan fermentasi tersebut dicampur dengan ikan asin dan daun pepaya yang telah digiling sebelumnya. Aduk rata
- Cetak adonan dengan menggunakan mesin pelet.
- Pelet tersebut kemudian dijemur hingga kering dengan menggunakan wadah lebar di bawah sinar matahari.
- Pelet yang telah kering ditempatkan di kantong plastik yang kedap air dan disimpan di dalam ruangan yang memiliki sirkulasi udara yang baik.

Pelet dari cacing tanah

Pelet dapat juga terbuat dari cacing tanah. Kandungan proteinnya dapat membuat ikan tumbuh lebih maksimal. Bahan yang diperlukan adalah tepung cacing 41%, telur ayam 20%, terigu 14%, dedak 18% dan kanji 1%. Tepung cacing dibuat dengan cara menjemur cacing segar di atas seng selama 24 jam dengan suhu udara sekitar 32-35°C kemudian digiling menjadi tepung.

Semua komposisi diaduk menjadi satu kemudian ditambahkan dengan air hangat secukupnya hingga menjadi kenyal. Adonan dicetak dengan mesin penggiling daging hingga menjadi pelet basah dan seperti mie. Potong dengan ukuran 0.5 cm. Kemudian jemur hingga kering. Pelet ikan siap untuk digunakan.

Pelet untuk Ternak Kelinci

Pemberian pakan pelet harus diatur dengan baik demi kesehatan kelinci.

Untuk kelinci, contoh:

Kelinci dengan ukuran bobot 2- 3 kg, diperlukan $\frac{1}{4}$ (seperempat) cangkir pelet

Kelinci dengan ukuran bobot 4 - 5kg, diperlukan $\frac{1}{2}$ (setengah) cangkir pelet

Kelinci dengan ukuran bobot 5,5 – 7 kg, diperlukan $\frac{3}{4}$ (tigaperempat) cangkir pelet

Kelinci anakan dapat diberi pelet dalam jumlah terbatas.

Cara membuat pelet pakan ternak ini mudah, yaitu hanya perlu menyediakan bahan-bahan pakan serta alat untuk mencetak pelet. Pembuatan pelet dilakukan empat tahapan, yaitu penghalusan, penguapan atau pengukusan, penggilingan, dan pengeringan.

Semua bahan dihaluskan sampai cukup halus. Setelah bahan halus, ke tahap selanjutnya yaitu pengukusan. Dalam tahap ini, bahan yang sudah dihaluskan dikukus atau diuapi. Hal ini dimaksudkan agar makanan steril dan bebas dari bakteri yang berbahaya bagi ternak. Selain itu, proses ini mengakibatkan bahan pakan menjadi mudah dicerna, lebih melekat, dan menambah aroma. Dalam proses pengukusan, suhu yang digunakan yaitu 80°C sampai 90°C. Jika melebihi suhu tersebut, nutrisi dalam pakan akan hilang. Tahapan selanjutnya adalah penggilingan. Setelah bahan pelet dikukus, lalu pelet dimasukkan ke dalam mesin giling agar ukurannya kecil-kecil, lalu dipotong-potong. Jika sudah selesai, pelet dikeringkan agar tahan lama. Proses pengeringan bisa dilakukan dengan menggunakan mesin atau oven atau dijemur.

Dalam memotong pelet, sesuaikan ukurannya dengan jenis hewan ternak yang akan diberi pellet.

Berikut ini cara membuat pelet pakan ternak untuk kelinci.

Bahan-bahan:

- Tepung kedelai atau ampas tahu
- Dedak halus atau bekatul
- Garam yodium dan tepung tulang
- Tepung Jagung
- Rumput kering atau limbah jagung, jerami padi
- Arang
- Daun kaliandra atau leguminosa lain yang sudah kering
- Air bersih

Alat-alat yang dibutuhkan:

- Wadah plastik
- Sendok
- Panci buat mengukus
- Kompor
- Alat penggilingan daging
- Plastik nan bening
- Oven buat mengeringkan

Cara membuat:

- Campurkan semua bahan dengan persentase ampas tahu 15%, tepung jagung sebanyak 50%, bekatul sebanyak 20%, tepung tulang dan garan Yodium sebanyak 5%, daun kaliandra dan rumput kering sebanyak 9% dan arang sebanyak 1 %. Campurkan semua bahan dalam sebuah wadah plastik.
- Jika sudah merata, kukus bahan pelet tersebut dengan menggunakan panci sekitar ½ jam. Adonan tersebut akan berubah warna menjadi lebih tua. Jika warnanya sudah berubah, angkat dan keluarkan dari panci.
- Saat masih panas, masukkan adonan ke dalam cetakan atau penggilingan daging sehingga bentuknya seperti mie, potong-potong dengan panjang 2 cm.

Simpan adonan pada wadah seperti Loyang, lalu keringkan dengan menggunakan oven. Jika tak ada oven, Anda dapat menjemurnya hingga kering dengan dialasi plastik terlebih dulu. Pelet kelinci sudah siap.

Membuat Pelet Pakan Ayam Pedaging

Berikut cara membuat pelet pakan ayam pedaging. Resep ini buat sekitar 10 kg pakan.

Bahan-bahan:

- Untuk *starter* atau masa awal
 - 6 Kg Jagung
 - 0,2 kg bekatul
 - 0,2 kg tepung gaplek
 - 1,4 kg tepung ikan
 - 0,3 kg tepung darah
 - 0,7 kg kedelai
 - 0,5 kg bungkil papaya
 - 0,2 kg tepung daun papaya
 - 0,1 kg bungkil biji kapuk
 - 0,4 kg tepung bulu
 - 0,05 kg premix
- Untuk *finisher* atau masa akhir
 - 5 kg jagung
 - 0,7 kg bekatul
 - 1 kg sorgum
 - 0,5 kg tepung gaplek
 - 0,3 kg tepung ikan
 - 0,3 kg tepung darah
 - 0,9 kg kedelai
 - 0,5 kg bungkil kelapa
 - 0,05 kg bungkil biji kapuk
 - 0,25 kg tepung daun papaya
 - 0,25 kg tepung bulu ayam
 - 0,1 kg minyak kelapa
 - 0,05 kg premix

Alat-alat yang dibutuhkan:

- Wadah
- Pengaduk
- Pengukus
- Kompor
- Mesin penggilingan daging

Cara membuat pelet *starter* maupun *finisher* sama saja, yaitu

- Campur semua bahan menjadi satu, lalu haluskan menjadi tepung. Kemudian aduk hingga rata.
- Jika sudah rata, kukus bahan tersebut dengan suhu sekitar 80°C hingga 90°C.
- Jika sudah matang, keluarkan.
- Saat masih panas atau hangat, masukkan adonan ke dalam mesin giling daging hingga bentuknya seperti mie. Lalu potong kecil-kecil dan jemur di bawah terik matahari hingga kering. Pelet siap disajikan.

Agar pakan ini tak mudah tengik atau rusak, dapat ditambahkan bahan pengawet seperti *Butylated Hydroxy Anisol (BHA)*, *Butylated Hydroxy Toluene (BHT)*, *Etoksikusin*, *Gropyl Gallate*, *Tokoferol*, atau *Oktyl Gallate*. Bahan pengawet ini umumnya dikemas dengan merek dagang Toksomiks, Antrasin, Antoks. Dalam penggunaannya, bahan pengawet ini tak melebihi 0,1% dari jumlah pakan.



Sumber: www.mesmarket.com

Gambar 1.6. Pelet

c. Pengolahan Limbah menjadi Pupuk

Pembuatan Pupuk Kompos

Kompos merupakan pupuk organik yang dapat dibuat dari sampah. Pupuk kompos dapat mengurangi anggaran untuk pembelian pupuk anorganik yang harganya mahal. Kompos diharapkan mampu menekan biaya produksi tanaman.

1) Pembuatan Pupuk Kompos dari Sampah Organik

Pupuk anorganik seperti urea, SP36, dan KCl harganya mahal. Pupuk anorganik dalam jangka panjang menyebabkan kerusakan tanah. Untuk mengurangi dan mencegah kerusakan tanah ini, maka kompos merupakan salah satu pupuk organik yang tidak berakibat merusak tanah. Kompos yang berasal dari sampah merupakan salah satu proses untuk mengatasi masalah lingkungan.

Kompos alami

Pupuk kompos alami sebenarnya ada di sekitar kita, alam sudah menyediakannya. Untuk mendapatkannya, pergilah ke tempat pembuangan sampah lalu lakukan hal di bawah ini:

- Gali tumpukan sampah yang sudah halus, yang sudah mirip tanah
- Kemudian lakukan pemisahan antara bahan yang mudah lapuk dengan yang tidak mudah lapuk.
- Setelah itu pisahkan dan saring dengan menggunakan ayakan.
- Taburkan 50 hingga 100 gram belerang di atas hasil ayakan tadi.

Pembuatan kompos dari limbah pertanian

Peralatan yang diperlukan :

1. Siapkan 2 tempat sampah yang berbeda warna (misalnya merah dan putih) sebagai wadah pembuatan dan pembeda antara organik dan non organik.
2. Siapkan pula 1 wadah bak plastik atau drum bekas lalu berilah beberapa lubang pada bagian dasarnya dengan menggunakan paku/bor untuk mengeluarkan kelebihan air. Agar kelembaban udara tetap terjaga, usahakan di bagian atas dapat ditutup dengan karung goni atau anyaman bambu sehingga tetap ada sirkulasi udara.
3. Alternatif lain menggunakan dasar bak pengomposan berupa tanah atau paving block, sehingga kelebihan air dapat meresap ke dalam tanah. Usahakan

bak pengomposan tidak kena air hujan, dan sangat di sarankan bak berada di bawah atap.

Bahan Pembuatan Pupuk Kompos :

1. Siapkan 2 ¼ sampai 4 m³ limbah (jerami, sayuran, ampas teh) yang mudah lapuk. Dapat juga menggunakan sampah organik basah.
2. Siapkan kulit buah kopi 6,5 m³ (pengganti kulit kopi dapat menggunakan daun lamtoro)
3. Siapkan kotoran ternak ruminansia sebanyak 750 kg (atau sekitar ± 50 kaleng ukuran 20 liter)
4. Siapkan 30 kg abu kayu atau abu dapur.

Cara Membuat Pupuk Kompos

1. Langkah pertama siapkan bak dari semen untuk pengomposan. Perlu di perhatikan untuk desain baknya harus memiliki dasar yang cekung dengan ukuran panjang x lebar x tinggi 2.5 x 1 x 1 m.
2. Selanjutnya campur semua bahan, kemudian dimasukkan ke dalam bak pengomposan lalu aduk hingga merata dan taburkan abu kayu atau abu dapur.
3. Setelah itu tutup bak pengomposan menggunakan plastik.
4. Selama proses pengomposan berlangsung, suhu di dalam bak akan berubah-ubah yang menandakan terjadi reaksi di dalamnya. Pada tahap awal, temperatur akan naik drastis hingga 50 derajat. Beberapa hari kemudian suhu di dalam tempat pengolahan kembali normal.
5. Cairan kompos yang keluar dari bak dikumpulkan ke dalam drum lalu disiramkan lagi ke bak pengolahan kompos. Air ini bermanfaat baik untuk bahan-bahan penyusun kompos.
6. Setiap 3 minggu susunan bahan-bahan ini perlu dibalik.
7. Setelah 2-3 bulan, angkatlah adonan karena sudah siap jadi, dan lakukanlah pengeringan dengan cara menjemur kompos hingga kadar airnya kira-kira 50 - 60%.

2) Pembuatan Pupuk Kompos dari Sampah Rumah Tangga

Cara Membuat :

1. Pilih sampah yang berasal dari dapur (sisa sayuran, buah)
2. Siapkan drum atau ember untuk pembuatan kompos

3. Selanjutnya campurlah sisa sayuran/ buah, dengan kompos yang sudah jadi untuk memancing pencampuran agar lebih merata. Jika ada kotoran ternak (ayam atau sapi) dapat pula dicampurkan .
4. Pembuatan pupuk kompos ini bisa dilakukan sekaligus, atau bisa juga selapis demi selapis dan bertahap setiap 2 hari sekali, namun pastikan setiap 7 hari selalu mengaduknya agak merata,
5. Proses pengomposan bisa dikatakan selesai jika campuran sudah tidak berbau dan mulai berubah warna menjadi kehitaman. Jika di lakukan dengan benar maka perkiraan sekitar minggu ke-5 dan ke-6 suhu sudah kembali normal, dan kompos sudah jadi.
6. Kunci dari berhasil atau tidaknya pengomposan ini terletak pada bagaimana cara mengendalikan suhu, kelembaban dan oksigen. Hal ini bertujuan agar mikroba dapat memperoleh lingkungan yang optimal untuk berkembang biak.
7. Sampah organik sebaiknya di ayak untuk memisahkan bagian yang halus dan kasar. Kotoran ternak yang kasar dapat digunakan lagi sebagai aktivator. Untuk mempercepat proses pengomposan, dapat ditambahkan bio-activator berupa larutan *effective microorganism* (EM).

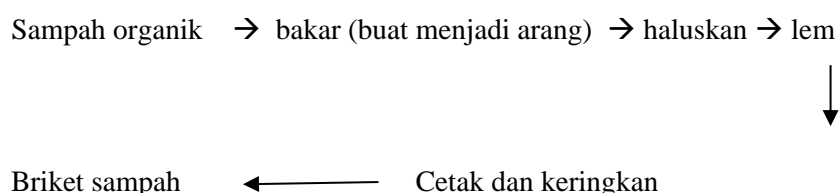
d. Pengolahan Limbah menjadi Briket Sampah

Keberadaan sampah dari tahun ke tahun menjadi permasalahan dalam perkotaan. Sampah menimbulkan pencemaran dan meningkatkan kebutuhan TPA dari tahun ke tahun. Penanganan sampah harus dilakukan secara simultan. Jumlah timbunan sampah dari tahun ke tahun akan semakin besar seiring pertumbuhan penduduk dan perkembangan kebutuhan. Penanganan sampah harus dimulai dari hulu dengan adanya manajemen sampah yang melibatkan masyarakat. Kesadaran masyarakat akan pentingnya menjaga lingkungan, bebas dari sampah dan melakukan 3R (Reduce, Reuse dan Recycle) sampah menjadi sangat penting.

Salah satu pemanfaatan sampah adalah dengan pembuatan briket dari sampah. Briket merupakan bahan bakar alternatif yang dapat dibuat dari batubara, kayu, sekam dan bahkan dari sampah. Selain sebagai pemanfaatan sampah, briket sampah juga memiliki nilai ekonomis dan mudah digunakan. Bahan bakar minyak, bahan bakar gas merupakan bahan bakar yang tidak dapat diperbarui dan akan habis dalam puluhan tahun mendatang. Briket sampah sebagai alternatif bahan bakar dapat menjadi solusi ditengah krisis energi tersebut.

Sampah organik yang berasal dari limbah pertanian dan peternakan merupakan sampah yang dapat diuraikan secara alami karena berasal dari alam, yaitu tumbuhan dan hewan baik dari aktivitas pertanian, perikanan, peternakan atau aktivitas dapur sehari-hari. Pembuatan briket sampah organik ini dapat dilakukan dengan berbagai macam teknik, mulai dari yang paling sederhana hingga yang paling rumit. Kualitasnya akan didapatkan paling baik dengan metode yang paling canggih, namun kita akan bahas pembuatan briket sampah organik ini dalam skala kecil sehingga bisa diadopsi oleh masyarakat luas secara mudah.

Secara sederhana, proses pembuatan briket sampah ini meliputi pembuatan arang dari sampah organik, penumbukan arang, pencampuran perekat, pengepressan dan penjemuran. Berikut cara membuat briket sampah organik :



Gambar 1.7. Diagram alir pembuatan briket sampah

Secara lebih jelas, bahan dan alat yang dapat disiapkan adalah

Bahan	Alat
Sampah daun kering, serbuk gergaji, tempurung Perekat (lem)	Drum Wadah atau panci Sekop Pipa pvc dipotong untuk cetakan Ember Penumbuk

Cara membuat

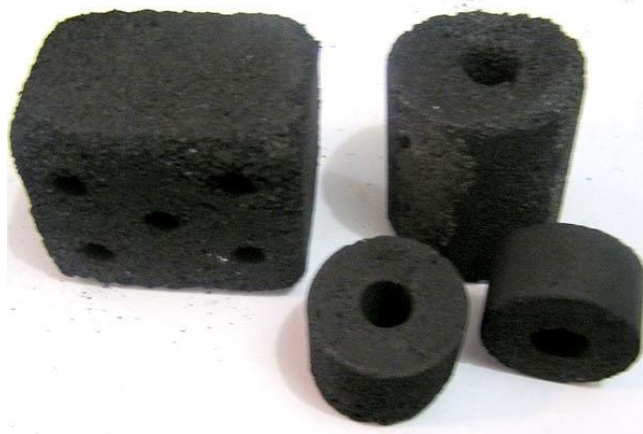
Pembuatan briket sampah dilakukan melalui dua tahap, yaitu membuat arang dan pencetakan arang. Pembuatan arang sampah organik dilakukan dengan urutan sebagai berikut:

- Penyiapan drum untuk proses pembakaran sampah
- Sampah organik dimasukkan ke dalam drum dan dibakar. Jaga agar nyala api tidak padam.

- Selama pembakaran dijaga agar udara sedikit sehingga yang terbakar menjadi arang bukan abu. Bila semua telah menjadi arang, pembakaran dihentikan.

Membuat briket sampah organik :

- Bahan pembuat briket sampah adalah arang sampah. Pertama kali dilakukan penghancuran arang sehingga menjadi partikel kecil.
- Setelah semua menjadi partikel kecil campur dengan lem . Pencampuran diharapkan mendapatkan adonan yang lengket
- Siapkan cetakan briket yang dibuat dari pipa pvc
- Setelah cetakan siap, masukkan adonan kedalam cetakan, padatkan sehingga berbentuk silinder, keluarkan dari cetakan
- Jemur di bawah terik matahari hingga kering
- Briket siap untuk digunakan



Sumber : <http://kesmaskesling.blogspot.co.id/>

Gambar 1. 8. Contoh briket sampah

e. **Pengolahan Limbah untuk Budidaya Cacing**

Cacing yang dibudidayakan dengan menggunakan limbah pertanian (jerami padi limbah sayur atau yang lainnya) adalah *Lumbricus rubellus*. Media akan lebih baik bila ditambah dengan kotoran ternak atau pupuk kandang. Cara pembudidayaan cacing adalah sebagai berikut:

1. siapkan bahan pembuatan media, bisa menggunakan kotoran sapi atau sampah organik seperti grajen, sisa baglog pada jamur tiram, jerami padi, dan sampah organik lainnya.

2. kemudian busukkan media tersebut dengan bantuan bakteri dengan menggunakan tetes tebu atau bisa menggunakan produk pengurai seperti Bio Fit atau EM4 dengan menyemprotkan ke media tersebut selanjutnya tutup dengan terpal agar mempercepat proses pembusukan/penguraian terhadap bakteri yang mengandung senyawa bagus untuk pertumbuhan cacing tanah yang akan dibudidayakan.
3. proses pembusukan memakan waktu 1-7 hari tergantung dari kualitas dan media yang difermentasi, kotoran sapi memakan waktu 3-7 hari. Media sisa gergaji kayu memakan waktu 3 hari, sisa baglog pada jamur tiram selama 1-2 hari.
4. Pastikan media cacing tanah yang digunakan untuk budidaya cacing tanah tersebut mempunyai kemasaman (pH) netral (sekitar 6,5 - 7).

E. Pengolahan Limbah untuk Budidaya Jamur

1. Pembuatan Rumah Untuk Jamur (Kumbung)

Kumbung dapat dibuat dari rangka besi dengan dinding plastik, rangka bambu dinding serta atap plastik, rangka bambu dinding daun nipah serta atap plastik, maupun bangunan batu permanen. Ukuran kumbung yang ideal yaitu 6 m x 4 m dengan tinggi 2,5 m. Untuk menjaga suhu kumbung supaya terus panas, dinding kumbung dilapis dengan styrofoam.

Kumbung terbagi dalam dua baris rak bedengan dari kawat atau mungkin bambu dengan rangka besi, bambu atau kayu. Tiap baris terbagi dalam 3-5 tingkat rak bedengan. Kumbung dilengkapi dengan jendela atau *electric blower* untuk aliran udara, lampu yang dapat dipindah atau dicabut apabila sedang melakukan pasteurisasi serta dipasang kembali saat pembentukan badan buah. Lampu TL *daylight* (neon) 60 watt sebanyak dua buah dan dua buah pemanas (*heater*) dipakai untuk menjaga suhu ruang sekitar 32°C.

2. Fermentasi Untuk Media Tumbuh

Media tumbuh yang dipakai berbentuk kombinasi limbah kapas serta jerami dengan perbandingan 2 : 1 atau mungkin 1 : 1, serta 3-4% kapur pertanian. Bahan ini digabung rata, serta di rendam di air sepanjang 2-3 jam atau mungkin 24 jam, lalu diperas serta ditumpukkan pada ruang dengan dasaran lantai/semen membuat timbunan dengan ukuran 1,5 x 1,5 x 1,5 m³. Lalu timbunan ini ditutup dengan selubung plastik serta dilewatkan alami fermentasi sepanjang 2-4 hari.

Jika hanya menggunakan kompos jerami untuk media tumbuh, jerami di rendam serta di beri kapur pertanian 1% serta Urea 1%, lalu difermentasi sepanjang 6 hari. Setiap hari timbunan jerami harus di balik. Sebelum ditempatkan dalam rak-rak bedengan, kompos jerami ditambah dedak 10%, superfosfat 1% serta kapur pertanian 1%. Kompos jerami ini bisa digunakan dengan cara di beri susunan kapas atau eceng gondok kering yang sudah di rendam serta difermentasi pada saat membuat susunan media tumbuh dalam rak-rak bedengan.



Sumber: <https://oemahjamur.blogspot.co.id/> dan <http://indojamur.com/jamur-kancing/>

Gambar 1.9. Jamur kuping dan jamur merang

3. Pembuatan Pembangkit Uap

Pembangkit uap dapat dirancang dengan menggunakan 2 buah tangki (200 liter) yang disambung dengan pipa paralon ke kumbung. Tangki diisi air ditempatkan dengan cara dibaringkan di atas tungku di luar kumbung, lalu disambung dengan pipa (yang menempel pada tangki) serta pipa paralon ke kumbung. Di dalam kumbung, pipa ini berlubang lubang untuk mengeluarkan uap air panas yang berasal dari air dalam tangki yang dididihkan. Ukuran pipa paralon yaitu 2-3 cm. Pipa paralon ditempatkan di atas lantai kumbung di tengah-tengah ruang, setiap meter di beri lubang 8 buah untuk mengeluarkan uap panas.

4. Pengisian Media serta Pasteurisasi

Sesudah fermentasi media selama 2-4 hari, bahan kompos dimasukkan ke bagian rak-rak bedengan setinggi 15-20 cm. Uap panas kemudian dimasukkan ke dalam kumbung melalui pipa agar tercapai temperatur 70°C selama 2-4 jam. Setelah pasteurisasi, udara segar dibiarkan masuk sehingga temperatur mencapai 30-50°C. Penurunan temperatur memerlukan waktu selama \pm 24 jam.

Sesudah temperatur mencapai 30-35°C, bedengan dalam rak-rak siap untuk ditanami bibit. Bibit yang dibutuhkan 1-6% dari berat basah media, tergantung pada strain bibit. Bibit yang dipakai terlebih dulu dipisahkan hingga tak berbentuk gumpalan lagi. Bibit itu disebar pada semua permukaan kompos. Untuk bedengan rak dengan panjang 3 meter dan lebar 1 meter diperlukan 4-6 botol bibit (500 ml). Sesudah bibit disebar, tutup jendela serta pintu selama 3 hari. Upayakan supaya temperatur dalam ruang dipertahankan 30-35°C untuk memberikan peluang miselium tumbuh serta masuk ke dalam semua media. Temperatur yang diperlukan sangat tergantung pada strain jamur yang digunakan. Jamur yang ada di Indonesia tumbuh baik pada temperatur 30-35°C. Selubung plastik dapat digunakan untuk menambah temperatur agar tercapai 30-35°C.

Delapan hari setelah penyebaran bibit, sinar matahari diupayakan agar masuk ke dalam kumbung untuk mempercepat pembentukan primordia jamur. Setelah primordia jamur terbentuk, aliran udara segar dibutuhkan untuk mempercepat perubahan badan buah jamur.

5. Pengairan serta penyiraman

Semprotkan air dengan sprayer pada permukaan bedengan rak. Campur urea dengan air (2-3 sendok makan Urea dalam 20 liter air), kemudian disemprotkan. Penyemprotan dilakukan apabila bedengan kering.

6. Proses Pemeliharaan

Pemeliharaan yang dibutuhkan yaitu menjaga suhu serta kelembapan. Upayakan suhu tetap 30-35°C, sedang kelembapan sekitar 80-90%. Pemeliharaan juga dilakukan untuk membuang jamur liar.

7. Pengendalian Organisme Pengganggu Tumbuhan (OPT)

Pengendalian OPT dikerjakan dengan cara preventif, yakni melindungi kebersihan kumbung dengan beberapa langkah sebagai berikut :

- Hawa masuk serta keluar baiknya tersaring.
- Pakai keset (foam) yang dibasahi dengan 2% karbol atau 2% kloroks.
- Bersihkan kumbung dari kotoran dan sisa merang. Sterilisasi dilakukan dengan menyemprotkan larutan formalin 2%.

- Tangan dan kaki dibersihkan dan memakai baju bersih.
- Buang kompos atau bibit yang sudah jatuh ke tanah, kotoran, media tercemar dalam kantung tertutup.
- Petik sesegera mungkin jamur yang payungnya telah berkembang serta letakkan di keranjang yang bersih dan disimpan di tempat tertutup.
- Cermati kebersihan saat menyiram, memanen, serta bersihkan gulma dari jamur.

8. Panen serta Pascapanen

Jamur pertama muncul setelah 15–25 hari sesudah bibit disebar. Jamur merang sebaiknya dipanen sebelum atau tepat setelah selaput sobek. Waktu panen, jamur diangkat serta dipelintir dengan hati-hati hingga jamur yang tumbuh di sampingnya tak rusak. Panen dikerjakan selama 20–30 hari, dengan interval dua hari sekali. Produktivitas jamur dinyatakan dalam nilai (baglog efficiency ratio =BER):

$$\text{BER} = \text{Jumlah keseluruhan produksi} / \text{berat media (substrat)}$$

Nilai BER jamur merang dapat meraih 29,54% berarti keseluruhan produksi jamur yaitu 13,5 kg untuk tiap-tiap 45,7 kg jerami kering.

TUGAS KELOMPOK

- a. Sebutkan jenis –jenis limbah
- b. Jelaskan cara pengolahan limbah organik menjadi bahan yang bermanfaat

F. Pengelolaan Limbah Hewan atau Ternak

1. Pupuk granul

Limbah hewan atau ternak sangat banyak jenisnya, antara lain bulu ayam, cangkang telur, darah, kotoran ternak, urin. Limbah ini dapat diolah menjadi barang yang bermanfaat antara lain pupuk (padat, cair), pakan ternak, bahan mineral.

Cara membuat pupuk granul

Kotoran ternak dimasukkan dalam bak penampung I, taburkan dengan campuran kapur + stardec + pupuk SP36 + urea kemudian tutup rapat dengan plastik. Dua minggu kemudian balik dengan cara memindahkan seluruh bahan ke

bak penampung II. Dua minggu kemudian balik dan ayak dengan cara mengayak pupuk yang sudah jadi pada bak penampung III.

Bahan dasar kotoran ternak diramu dengan dolomit dengan perbandingan 2 : 3 ; atau campuran antara kotoran ternak (4), dolomit (1) kemudian ditambahkan air sampai tercampur dan mudah dibentuk. Bahan kemudian dicetak untuk mendapatkan bentuk granul dan dikeringkan. Setelah kering, pupuk diambil sampelnya dan dianalisis kandungan N, P, K nya.

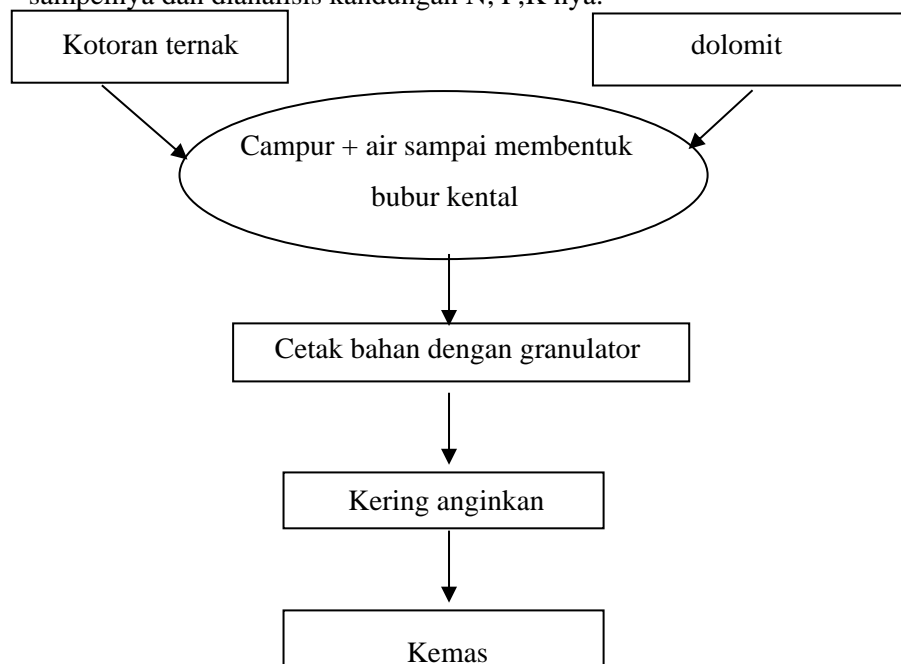


Diagram alir pembuatan pupuk granul



Sumber : Purbajanti dkk.2014 Laporan IBM

Gambar 1.10. Contoh pupuk granul kotoran ternak sapi

2. Pupuk Cair Urin

Pupuk organik cair (POC) merupakan pupuk yang diramu dari berbagai ekstrak tanaman dalam bentuk cair, mengandung unsur hara makro dan unsur hara mikro. Keadaan ini sangat menguntungkan karena memungkinkan untuk aplikasi pada dosis tinggi dari standar tanaman, yaitu 2 – 3 liter per hektar. Makin tinggi dosis yang digunakan akan semakin baik efeknya bagi tanaman. POC (pupuk organik cair) adalah pupuk cair yang diolah dari kotoran padat (faeces) dan kotoran cair (urin) ternak. POC dapat diolah dari kotoran ternak kambing, sapi, maupun kelinci. Urine ternak kambing memiliki kadar nitrogen (N) sekitar 36% atau setara dengan kandungan nitrogen pupuk SP36. Setiap kambing dewasa kira-kira mengeluarkan urine sekitar 2,5 liter per hari yang dapat ditampung terpisah dari kotoran padat dan kemudian diolah menjadi POC. POC bila dibandingkan dengan pupuk padat memiliki kelebihan antara lain volume penggunaan lebih hemat dan aplikasinya lebih mudah karena bisa digunakan dengan cara disemprotkan ke daun tanaman sayuran atau disiramkan ke tanah. Manfaat utama menggunakan pupuk organik adalah untuk perbaikan kesuburan kimia, fisik, dan biologis tanah dalam jangka panjang, serta sumber hara bagi tanaman, atau sifat baik pupuk organik terhadap kesuburan tanah yaitu:

- a. Bahan organik dalam proses mineralisasi akan melepaskan hara tanaman dengan lengkap (N, P, K, Ca, Mg, S, serta hara mikro) dalam jumlah tidak tentu dan relatif kecil.
- b. Dapat memperbaiki struktur tanah, menyebabkan tanah menjadi ringan untuk diolah dan mudah ditembus akar.
- c. Memperbaiki kehidupan biologi tanah (baik hewan tingkat tinggi maupun tingkat rendah) menjadi lebih baik karena ketersediaan makan lebih terjamin.

Bahan pembuatan pupuk cair organik ada dua macam, yaitu :

- 1) Pupuk cair yang berasal dari urine sapi ataupun leachate/rembesan kotoran ternak
- 2) Pupuk cair yang berasal dari tumbuh-tumbuhan pembawa, seperti

Legum dan azolla banyak mengandung nitrogen; akar tanaman jagung sebagai pembawa fosfat, sekam padi sebagai pembawa kalium, selain itu semua tanaman mengandung unsur hara mikro.



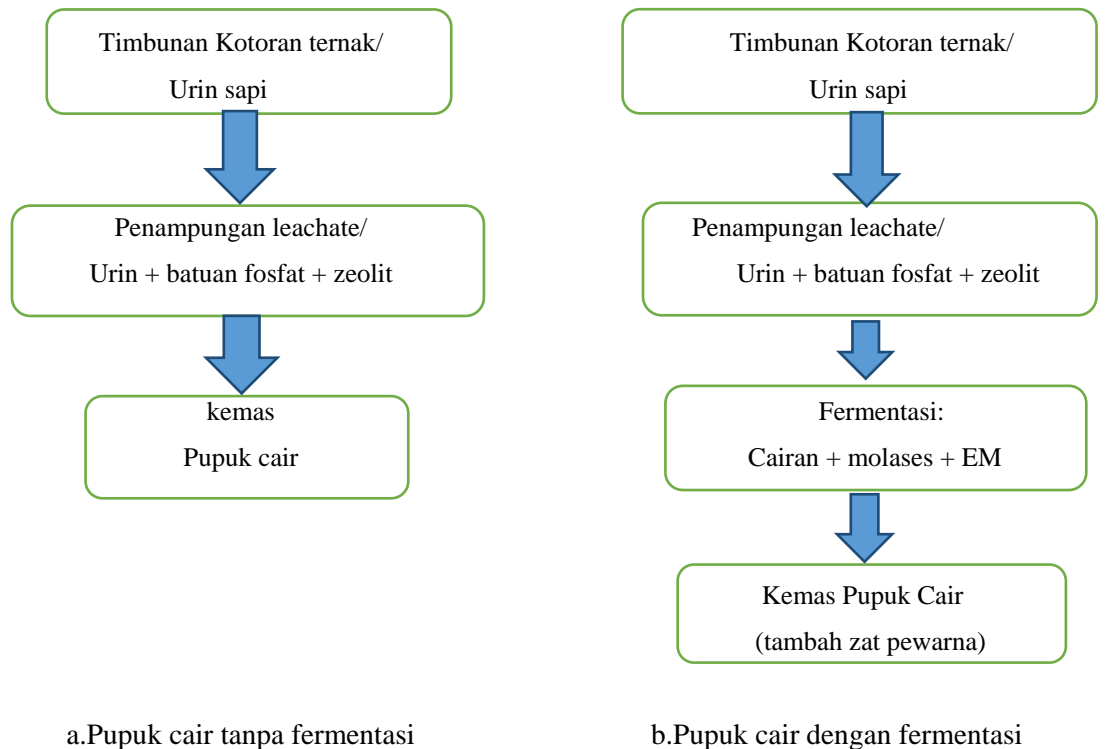
Sumber : Purbajanti dkk.2014 Laporan IBM

Gambar 1.11. Pupuk cair urine sapi

Pembuatan Pupuk Cair Asal Urine dan rendaman kotoran ternak

- 1) Buat bak penampung yang berukuran 1 x 1.5 x 1 meter kubik dua buah
- 2) Bak pertama alasi dengan zeolit, tambahkan cairan dengan batuan fosfat
- 3) Bak kedua adalah bak pengendapan kedua yang merupakan hasil pengendapan bak pertama, cairan sudah bening, tambahkan dengan molases dan EM untuk menghilangkan bau dan menambah penguraian untuk menjadi hara
- 4) Dari bak kedua, beri zat warna dan kemas
- 5) Pupuk cair siap dipasarkan

Pembuatan pupuk cair asal leachate /urine disarankan bekerja sama dengan peternak karena dapat berfungsi ganda, yaitu sanitasi pada perkandangan dan minimalisasi limbah.



Gambar 1.12. Diagram alir pembuatan pupuk cair asal urin sapi/leachate kotoran Ternak
(a. tanpa fermentasi, b. dengan fermentasi)

Hasil Analisis pupuk cair dapat dilihat pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1. Hasil analisis pupuk cair

Macam pupuk	Kandungan unsur					
	N (%)		P (%)		K (%)	
	Total	Tersedia	Total	Tersedia	Total	Tersedia
Pupuk Cair	1.12	0.28	0.33	0.05	0.57	4.62 me
Pupuk Cair Fermentasi	1.40	0.33	0.75	0.08	0.96	6.03 me

Sumber : Purbajanti et al., (2004)

3. Pelet Bulu Ayam

Bulu ayam mempunyai kandungan nutrisi yang lengkap untuk meningkatkan produksi ternak, baik itu sebagai ransum makanan ternak ruminansia (sapi, kerbau, kambing, domba) atau ransum pakan unggas. Kadar protein kasar bulu ayam cukup tinggi namun tidak diimbangi dengan kadar

kecernaan, kadar bahan kering (BK) bulu ayam berkisar 5,8 % dan bahan organik sekitar 0,7 %.



Sumber: <https://organikilo.co>

Gambar 1.13. Tepung bulu ayam

Cara Sederhana Memproses Bulu Ayam Menjadi Tepung.

Langkah-langkah Pengolahan

Proses pembuatan tepung bulu ayam dapat dilakukan secara sederhana. Bahan baku bulu ayam merupakan limbah RPA (rumah potong ayam). Bahan baku bulu ayam mudah didapat karena setiap daerah terdapat rumah potong ayam.

Peralatan

Beberapa peralatan yang digunakan untuk membuat tepung bulu ayam berkualitas baik adalah:

- 1) *Low Temperature High Pressure Cooker* (Panci presto) yang biasanya digunakan untuk membuat ayam presto atau bandeng presto.
- 2) Mesin Penepung
- 3) Drum plastik berpenutup

Cara Mengolah

Pengolahan bulu ayam menjadi tepung dapat dilakukan dengan dua macam cara, yaitu:

Cara Pertama (Presto)



Sumber :<https://organikilo.co>

Gambar 1.14. Presto, alat rebus bertekanan tinggi

Jika bulu ayam yang akan diproses sudah bersih dapat langsung direbus dengan menggunakan autoklaf (presto) tekanan 1 atm dengan durasi 2 jam. Setelah selesai direbus atau dipresto kemudian ditiriskan untuk membuang uap air, tunggu hingga dingin sambil di angin-anginkan. ketika bulu ayam sudah dingin, pekerjaan dilanjutkan dengan menggiling hingga halus menjadi tepung. Tahap berikutnya adalah menjemur atau mengeringkan tepung bulu dengan suhu 60°C untuk mengurangi kadar air.

Cara Kedua

Bulu ayam yang sudah bersih dan kering dapat langsung di fermentasi menggunakan mikroba starter untuk peternakan. Fermentasi dilakukan menggunakan drum plastik berpenutup. Perlakuan Fermentasi bulu tanpa mencampur bahan lain (hanya menggunakan bekatul dengan takaran 20% dari total bulu) biasanya memakan waktu selama 5 - 7 hari. Setelah selesai fermentasi, bulu ayam dikeluarkan dari drum plastik, dilanjutkan dengan penggilingan bulu.

Metode fermentasi bulu dapat meningkatkan nilai pencernaan pakan dan mempermudah proses penepungan. Langkah berikutnya adalah pengeringan tepung dengan suhu 60°C. Jika tanpa melalui proses pengeringan, dapat dilanjutkan dengan mencampur tepung bulu ayam dengan bahan lain seperti gedebog pisang, bungkil kelapa dan jerami sebanyak 3-5% dari total bahan fermentasi. Pengolahan fermentasi bulu ini

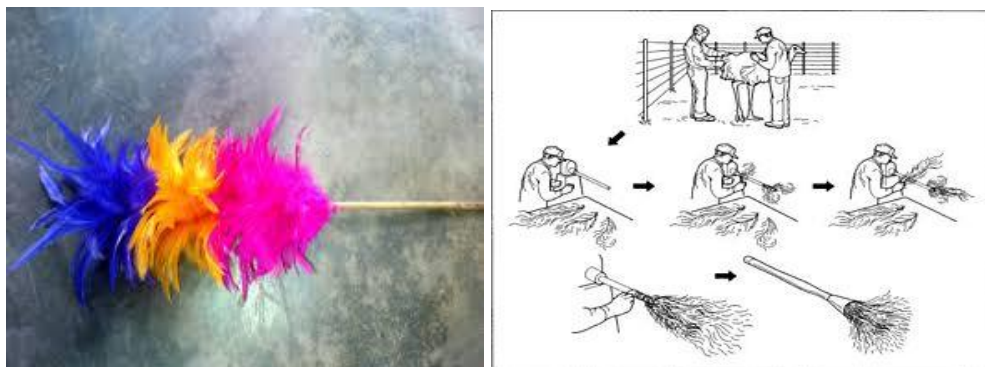
harus akan dijadikan makanan unggas (ayam, bebek, kalkun, entok) atau ruminansia (sapi, kerbau, domba, dan kambing)

4. Kemonceng

Berikut ini cara membuat sulak/kemoceng :

1) Pemilihan bulu ayam

Pemilihan bulu ayam berkaitan dengan jenis sulak yang akan dibuat: besar, sedang, kecil, warna, jenis bulu ayam. Untuk satu jenis kemonceng tertentu maka bulu ayam dipilih harus sesuai dengan jenis kemonceng, misalnya untuk membuat kemonceng besar dari jenis bulu ayam jago, maka dipilih bulu ayam leher dan ekor. Bulu ekor cenderung lebih besar sehingga dapat digunakan untuk bagian atas sulak. Selanjutnya di bawah bulu ekor dipilih bulu leher ayam yang cenderung sedang tetapi lembut dan rapi. Untuk bagian bawah kemonceng bisa memakai bulu yang lebih kecil.



Sumber : <https://www.google.co.id/search?q=pembuatan+KEMOCENG&biw>

Gambar 1.15. Kemonceng bulu ayam

2) Penjahitan bulu ayam

Penjahitan bulu ayam maksudnya adalah merangkai satu per satu bulu ayam sesuai urutan terbesar hasil pemilihan dengan cara dijahit manual menggunakan jarum dan benang. Biasanya benang yang dipakai adalah benang hasil urai dari tali jemuran. Hasil penjahitan bulu ayam ini dinamakan rentengan karena berupa bulu ayam yang direnteng/dirangkai berurutan.

3) Pewarnaan bulu ayam

Pewarnaan ini sifatnya sesuai kebutuhan karena tidak semua bulu ayam harus diwarnai. Untuk bulu ayam jago biasanya sengaja tidak diwarnai karena sudah memiliki corak warna alami dari sang ayam. Bulu ayam yang biasa diwarnai adalah bulu ayam petelur/horn dan ayam pedaging / ayam negeri. Tujuan pewarnaan adalah agar bulu ayam terlihat lebih cerah dan menarik.

4) Pembuatan kemonceng

Pembuatan kemonceng tidak rumit karena tinggal melilitkan bulu ayam yang telah dijahit dengan benang ke tangkai kayu/rotan dengan diperkuat oleh tali atau benang sol sepatu. Proses pembuatan kemonceng diawali dengan pembuatan jambul atau tutup atas dari tangkai kayu/rotan. Setelah itu dililitkan rentengan bulu ayam urut terbesar dari jenis bulu ayamnya sampai kira-kiran satu depa (\pm sejengkal sebelum tangkai habis).

5) Pembuatan kait tangkai

Kait tangkai berguna untuk meletakkan sulak ke paku di dinding.

5. Sumber Mineral

Cangkang Telur mempunyai 90% sumber kalsium murni yang sangat baik untuk kesehatan tubuh. Sumber kalsium dalam cangkang telur secara kimiawi nyaris serupa dengan kalsium pada tulang dan gigi manusia. Kalsium dari cangkang telur mudah diserap tubuh serta membantu menjaga kesehatan kita. Kulit telur juga merupakan sumber mineral besi, zink, copper, mangan, florin, fosfor, kromium, serta molybdenum.



Sumber :trickandy.com

Gambar 1.16. Telur ayam sebagai sumber mineral

Kandungan kalsium bukan sekedar menguatkan tulang, namun juga menolong sumsum tulang dalam menghasilkan sel darah yang semakin banyak serta membuat tubuh lebih sehat. Kalsium mencegah osteoporosis (pengerosan tulang). Kalsium sudah terbukti mampu menurunkan kolesterol dan tekanan darah tinggi.

Untuk menjaga kesehatan dapat digunakan lima butir cangkang telur lalu ditumbuk menjadi bubuk yang halus. Bubuk cangkang telur tersebut dimasukkan kedalam 3 liter air bersih dan masukkan kedalam almari es selama satu minggu untuk melarutkan cangkang telur. Dapat juga ditambah sedikit jus lemon juga sebagai penambah rasa. Minumlah kombinasi tersebut minimum 1 gelas sehari-hari.

Campuran kulit telur serta jus lemon dapat juga menjaga kesehatan lambung serta kelenjar tiroid. Untuk menyembuhkan bisul dan kesehatan pencernaan, bubuk cangkang telur dapat dicampur dengan susu panas dan diminum.

Cara Membuat Suplemen Kalsium dari Cangkang Telur

- 1) Kumpulkan semua cangkang telur yang tersedia di rumah. Pengumpulan cangkang bertahap sampai berjumlah kira-kira 12 cangkang telur. Lebih baik jika cangkang dijaga tetap tidak retak.
- 2) Cuci semua cangkang lalu rebus. Pastikan semua cangkang tenggelam dari air rebusan. Rebuslah dalam air mendidih. Ini berguna untuk membunuh bakteri salmonella pada cangkang. Jangan sampai Anda keracunan akibat bakteri ini. Rebuslah sekitar 10 menit.
- 3) Angkat cangkang dan tiriskan. Diamkan beberapa saat agar semua air jatuh.
- 4) Tahap keempat yaitu pengeringan. Pangganglah cangkang telur dalam loyang tertutup selama 30 menit pada suhu 100 derajat celcius untuk memastikan cangkang benar-benar kering tak mengandung air.
- 5) Angkat dan letakkan pada tempat penggilingan. Aturlah cara agar cangkang dapat tergiling halus supaya bubuk cangkang dapat dicampur dengan makanan lain.
- 6) Setelah cangkang menjadi bubuk. Simpanlah bubuk di dalam toples tertutup agar terjaga dari bakteri dan air.

RANGKUMAN

Didasarkan pada ada atau tidak ada atom Karbon (C); maka limbah dibedakan atas:

a. Limbah Organik

Berdasarkan pengertian secara kimiawi, limbah organik merupakan segala limbah yang mengandung unsur karbon (C), sehingga meliputi limbah dari makhluk hidup, kertas, plastik, dan karet.

Namun secara teknis, sebagian orang mendefinisikan limbah organik sebagai limbah yang berasal dari makhluk hidup (alami) dan sifatnya mudah busuk.

b. Limbah Anorganik

Berdasarkan pengertian secara kimiawi, limbah anorganik meliputi segala limbah yang tidak mengandung unsur karbon, seperti logam, kaca, dan pupuk anorganik.

Secara teknis, limbah anorganik didefinisikan sebagai segala limbah yang tidak dapat atau sulit terurai/busuk secara alami oleh mikroorganisme pengurai. Dalam hal ini, bahan organik seperti plastik, kertas dan karet juga dikelompokkan sebagai limbah anorganik. Bahan-bahan tersebut sulit diurai oleh mikroorganisme sebab unsur karbonnya membentuk rantai kimia yang kompleks dan panjang (polimer)

Pengelompokan berdasarkan wujud

- a. Limbah Cair; segala jenis limbah yang berwujud cairan, berupa air dan beserta bahan-bahan buangan lain yang tercampur (suspensi) maupun terlarut dalam air

b. Limbah Padat

Limbah padat merupakan limbah yang paling banyak terdapat di lingkungan yang disebut juga dengan sampah.

c. Limbah Gas

Jenis limbah gas yang berada di udara terdiri atas bermacam-macam senyawa kimia. Misalnya, karbon monoksida, karbon dioksida, nitrogen oksida, sulfur dioksida, asam klorida, amonia, metan, dan klorin.

Pengelompokan berdasarkan sumber

Sumber limbah sebenarnya sangat beragam. Berikut ini dijelaskan beberapa sumber utama penghasil limbah secara umum.

a. Limbah Domestik

Limbah yang berasal dari kegiatan pemukiman penduduk (rumah tangga) dan kegiatan usaha seperti pasar, restoran, dan gedung perkantoran.

b. Limbah Industri

Merupakan buangan hasil proses industri. Jenis limbah yang dihasilkan tergantung pada jenis industri.

c. Limbah Pertanian

Berasal dari daerah pertanian atau perkebunan. Limbah dari daerah ini terutama berupa senyawa-senyawa anorganik dari bahan kimia yang digunakan untuk kegiatan pertanian, seperti pestisida dan pupuk. Selain itu limbah organik juga dihasilkan dari sisa-sisa tumbuhan.

d. Limbah Pertambangan

Berasal dari kegiatan pertambangan. Kandungan limbah ini terutama berupa material tambang seperti logam dan batuan.

Pengelolaan limbah tumbuhan dapat dilakukan mengolah limbah menjadi pakan ternak, pelet, briket sampah, pupuk kompos, media cacing, media jamur. Pengolahan limbah hewan dapat dilakukan menjadi pupuk granul, pupuk cair, sumber mineral, kemonceng.

UJI KOMPETENSI

Berilah tanda silang (x) pada salah satu huruf a, b, c, d, atau e pada jawaban yang paling tepat!

1. Perhatikan pernyataan berikut!

- 1). Hasil buangan dari kegiatan hewan dan tidak menyebabkan keseimbangan lingkungan berubah.
- 2). Suatu benda yang tidak mengandung berbagai bahan yang membahayakan kehidupan manusia atau hewan.
- 3). Hasil buangan dan kegiatan manusia atau dari alam yang menyebabkan keseimbangan lingkungan terganggu.
- 4). Hasil buangan dan kegiatan industri yang tidak mengganggu lingkungan.
- 5). Suatu zat yang menyebabkan pencemaran udara dan tanah.

Berdasarkan data di atas pernyataan yang benar tentang pengertian limbah adalah

- a. 1
- b. 2
- c. 3
- d. 4
- e. 5

2. Pernyataan yang benar tentang limbah B3 adalah
 - a. Limbah hasil kegiatan manusia yang mengandung bahan kimia tetapi menyuburkan tanaman.
 - b. Limbah hasil dari kegiatan manusia yang mengandung bahan kimia dan zat beracun yang berbahaya bagi makhluk hidup.
 - c. Limbah hasil dari kegiatan manusia yang mengandung bahan kimia dan dapat dimanfaatkan bagi makhluk hidup.
 - d. Limbah yang berasal dari makhluk hidup.
 - e. Limbah yang tidak berbahaya dan beracun.
3. Berikut ini yang merupakan contoh limbah organik berdasarkan definisi teknis adalah
 - a. karet, plastik, baterai
 - b. kotoran hewan, sampah sayuran, pupuk buatan
 - c. pupuk buatan, karet, plastik
 - d. kotoran hewan, deterjen, kertas
 - e. kulit buah, kotoran hewan, daun busuk
4. Perbedaan antara limbah organik dan limbah anorganik ditinjau dari sisi kimiawi adalah.....
 - a. sampah organik dapat didaur ulang, sedangkan sampah anorganik tidak dapat didaur ulang
 - b. sampah organik mengandung unsur karbon, sedangkan sampah anorganik tidak
 - c. sampah organik mudah terurai, sedangkan sampah anorganik sulit terurai
 - d. sampah organik berbentuk cair, sedangkan sampah anorganik berbentuk padat
 - e. sampah organik tidak berbahaya, sedangkan sampah anorganik berbahaya
5. Sejumlah O_2 yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang ada dalam 1 liter sampel air dan pengoksidasinya $K_2Cr_2O_3$ adalah
 - a. COD
 - b. B3
 - c. BOD
 - d. IPAL
 - e. AMDAL
6. Limbah yang berasal dari perdagangan atau jasa komersil adalah
 - a. commercial wastes
 - b. polutan
 - c. domestic sewage
 - d. emisi
 - e. industrial wastes

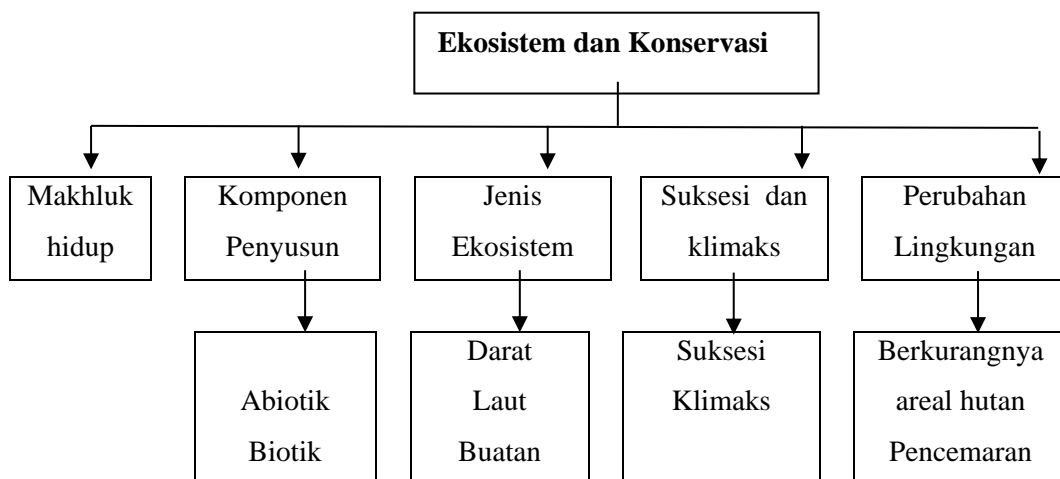
7. Berikut ini adalah limbah yang berjenis bahan berbahaya dan beracun, *kecuali*
- a. raksa
 - b. nikel
 - c. plumbum
 - d. ozon
 - e. arsen
8. Berikut ini adalah hal yang menentukan tingkat polusi air, *kecuali*
- a. nilai pH dan alkalinitas
 - b. warna, bau, dan rasa
 - c. jumlah padatan
 - d. kandungan minyak
 - e. jenis air
9. Limbah industri atau pertambangan banyak mengandung jenis bahan
- a. organik
 - b. organik dan non organik
 - c. non organik
 - d. logam
 - e. radio aktif
10. Berikut ini adalah contoh limbah yang sulit membusuk, *kecuali*
- a. kaca
 - b. logam
 - c. plastik
 - d. sisa makanan
 - e. kertas

BAB 2

EKOSISTEM DAN KONSERVASI

Setelah mempelajari materi bab ini, kalian diharapkan dapat mendeskripsikan komponen lingkungan, interaksi antar komponen dalam lingkungan, mampu mengidentifikasi lingkungan abiotik, mampu mengidentifikasi lingkungan biotik, dan mampu mengidentifikasi antar komponen di dalam lingkungan

PETA KONSEP



A. Makhluk Hidup dan Lingkungan

Udara, air, dan tanah merupakan benda mati yang disebut abiotik. Di dalam hutan, udara terasa segar, juga terdapat aliran sungai kecil atau kolam serta, tanah tempat tumbuh tanaman. Di dalam hutan, terdapat berbagai jenis tumbuhan dan hewan yang hidup di dalamnya, seperti tanaman pohon perdu, tanaman penutup tanah, juga terdapat hewan seperti ular, musang, trenggiling, lipan, dan kupu-kupu. Makhluk hidup penghuni hutan tersebut disebut biotik. Hutan tersebut adalah contoh ekosistem. Ekosistem adalah satu kesatuan yang dibentuk oleh hubungan timbal balik antara makhluk hidup (yang disebut komponen biotik) dan lingkungannya yang disebut komponen abiotik. Setiap ekosistem memiliki ciri-ciri lingkungan fisik, kimia, tipe vegetasi dan tipe hewan yang berbeda. Faktor abiotik yang mempengaruhi faktor biotik adalah iklim, tanah, air, udara, suhu, angin,

kelembaban, cahaya, mineral. Variasi faktor abiotik menimbulkan kondisi berbeda pada setiap ekosistem.

Berdasarkan komponen penyusun ekosistem hutan merupakan ekosistem yang terdiri atas dua komponen, yaitu abiotik dan biotik. Ekosistem menjamin keberlangsungan kehidupan di dalamnya dengan cara mencukupi kebutuhan minimum organisme yang berada di dalamnya. Walaupun berdekatan, ekosistem mempunyai batas yang nyata dan terpisah satu dengan lainnya. Sebagai contoh ekosistem hutan, padang rumput, pesisir, kolam, dan lautan. Berbedanya makhluk yang berada di dalam ekosistem disebut sebagai keanekaragaman hayati. Kondisi lingkungan hidup beragam menyebabkan jenis makhluk hidup yang hidup didalamnya beragam pula. Keanekaragaman ini disebut keanekaragaman ekosistem. Menurut UU No. 5 tahun 1994, keanekaragaman hayati merupakan keanekaragaman makhluk hidup dari semua sumber, termasuk daratan, lautan, dan ekosistem akuatik (perairan). Komplek ekologi merupakan bagian dari keanekaragaman yang mencakup keanekaragaman spesies dan antar spesies dengan ekosistem. Berdasarkan definisi dari undang-undang tersebut, keanekaragaman hayati terdiri atas tiga tingkatan, yaitu keanekaragaman gen, keanekaragaman jenis, dan keanekaragaman ekosistem.

Keanekaragaman hayati memiliki banyak interpretasi, yaitu menggantikan istilah keragaman spesies dan kekayaan spesies. Keanekaragaman hayati diartikan sebagai "totalitas gen, spesies, dan ekosistem suatu daerah". Definisi ini digunakan untuk menggambarkan pandangan terpadu dari tiga tingkat karakter biologis, yaitu (1) keanekaragaman jenis, (2) ekosistem keanekaragaman dan (3) keanekaragaman genetik.



Sumber: <http://1001indonesia.net>

Gambar 2.1. Contoh ekosistem

Ekosistem secara global disebut biosfer, yaitu seluruh ekosistem di dunia atau ekosistem planet. Biosfer meliputi seluruh makhluk hidup dan tempat hidupnya. Biosfer meliputi atmosfer hingga permukaan bumi, bahkan sampai kedalaman laut yang dalam. Biosfer adalah bagian luar planet bumi mencakup daratan, udara, dan air, sebagai tempat kehidupan berlangsung. Dalam pengertian geofisiologi, biosfer diartikan sebagai sistem ekologis global yang menyatukan semua makhluk hidup dan interaksinya antara satu sama lain atau interaksi dengan lingkungannya. Biosfer bagian luar planet bumi mencakup daratan, udara, dan air, sebagai tempat kehidupan berlangsung. Biosfer dapat pula diartikan sebagai kumpulan bioma.

Ekosistem adalah suatu kesatuan komunitas dan lingkungan hidup yang saling berinteraksi satu sama lain dan membentuk hubungan timbal balik yang berkelanjutan. Oleh karena itu, ekosistem disebut pula sebagai sistem lingkungan (sistem ekologi). Ekosistem memiliki ukuran yang berbeda-beda. Ekosistem kecil akan membentuk ekosistem yang lebih besar. Seluruh ekosistem di muka bumi ini akan membentuk satu ekosistem yang lebih besar yang disebut bioma, contohnya bioma hutan hujan tropis.

B. Komponen Penyusun Ekosistem

Komponen utama pembentuk ekosistem adalah habitat dan komunitas. Habitat adalah lingkungan abiotik (lingkungan fisik) tempat dimana organisme hidup. Komunitas adalah kelompok individu dari jenis yang sama dan bersama-sama menghuni tempat tertentu. Ekosistem terdiri atas berbagai komunitas yang saling berinteraksi dengan komunitas lain dan dengan lingkungan fisiknya.

1. Komponen Abiotik

Habitat atau lingkungan abiotik adalah komponen penyusun ekosistem yang terdiri atas faktor fisik dan kimia dari sebuah medium tempat berlangsungnya kehidupan bagi komponen biotik. Sebagian besar komponen ini sangat bervariasi dalam dimensi ruang dan waktunya. Adapun komponen abiotik berupa bahan atau senyawa anorganik, serta faktor yang mempengaruhi distribusi makhluk hidup dalam ekosistem. Komponen abiotik (komponen penyusun ekosistem) merupakan segala sesuatu di luar makhluk hidup yang meliputi faktor fisik dan kimia. Komponen abiotik terdiri atas suhu, air, cahaya matahari, udara, bebatuan dan tanah, kelembaban, *Altitude* dan *latitude*. Komponen abiotik dapat memengaruhi komponen biotik, begitu pula sebaliknya. Berikut ini akan dijelaskan masing-masing dari komponen abiotik dalam ekosistem tersebut.

a. Suhu

Suhu lingkungan merupakan faktor yang sangat penting bagi distribusi atau penyebaran suatu organisme. Hal tersebut karena suhu dapat mempengaruhi proses biologis dan kemampuan suatu organisme dalam mengatur (regulasi) suhu tubuhnya secara tepat. Setiap makhluk hidup membutuhkan suhu tertentu yang sesuai untuk melakukan aktivitas hidupnya dengan optimum (suhu optimum). Tumbuhan dapat melakukan fotosintesis dengan hasil optimum pada suhu yang tidak terlalu panas, tetapi juga tidak terlalu dingin (antara 26-30 °C), meskipun di luar kisaran suhu tersebut fotosintesis tetap dapat dilakukan, namun hasilnya kurang optimum. Sel dari suatu makhluk hidup dapat pecah apabila suhu lingkungannya sangat jauh dari suhu optimum (di bawah 0 °C), hal ini terjadi karena cairan di dalam sel membeku. Begitu pun apabila suhu lingkungan berada di atas 45 °C, protein yang terdapat di sebagian besar organisme dapat terdenaturasi atau rusak. Burung penguin merupakan contoh organisme yang dapat melakukan metabolisme pada suhu yang sangat rendah ataupun suhu yang tinggi. Penguin mampu beradaptasi terhadap suhu lingkungan yang sangat ekstrim di bawah nol. Suatu ekosistem dapat memiliki suhu yang berbeda-beda. Hal ini dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti angin dan cahaya matahari.

Pohon jati merupakan tanaman yang mampu beradaptasi apabila suhu lingkungan tidak sesuai. Pohon Jati pada saat suhu lingkungannya tinggi akan beradaptasi dengan mengugurkan daunnya yang bertujuan mengurangi penguapan. Pada makhluk hidup yang motil (dapat bergerak), jika suhu lingkungan tidak sesuai, ia dapat berpindah tempat. Contohnya pada burung alap-alap nippon (*Accipiter gularis*) yang melakukan migrasi pada saat musim dingin dari daerah Jepang menuju daerah Sumatra, Kalimantan, Jawa, dan Bali.

b. Cahaya

Cahaya matahari merupakan sumber energi bagi seluruh makhluk hidup. Cahaya matahari menyediakan energi yang memengaruhi suatu ekosistem. Tumbuhan yang ada di darat menggunakan cahaya matahari untuk melangsungkan proses fotosintesis, begitu juga dengan alga dan Cyanobacteria yang ada di laut. Tumbuhan hijau mampu mengubah zat anorganik menjadi zat organik (melalui proses fotosintesis) apabila ada bantuan energi sinar matahari. Energi kimia yang tersimpan dalam senyawa organik hasil fotosintesis tumbuhan hijau sangat diperlukan sebagai energi kehidupan bagi makhluk hidup lain. Manusia juga dapat memanfaatkan energi sinar matahari untuk membangun pembangkit listrik yang digunakan untuk pemenuhan kebutuhan energi dalam kehidupan sehari-hari.

Cahaya juga sangat penting bagi perkembangan dan tingkah laku beberapa spesies tumbuhan dan hewan yang sensitif terhadap cahaya, terutama terhadap lamanya waktu siang (*day time*) dan lamanya waktu malam (*night time*). Misalnya, waktu berbunga pada tumbuhan dan saat beraktivitas pada hewan. Hewan yang beraktivitas pada malam hari atau nokturnal contohnya burung hantu. Adapun pada tumbuhan, ada jenis tumbuhan yang berbunga apabila waktu malam lebih lama dari waktu siang, begitu juga sebaliknya.

c. Udara

Atmosfer bumi merupakan campuran berbagai macam gas (udara) serta partikel-partikel debu. Sekitar 78% gas di atmosfer berupa gas nitrogen, 21% gas oksigen, 1% gas argon, serta sekitar 0,035% terdiri gas CO₂, sisanya berupa uap air. Semua makhluk hidup membutuhkan oksigen untuk bernapas serta membebaskan CO₂ ke udara. Selain membebaskan CO₂ saat bernapas, tumbuhan juga menyerap CO₂ dari udara untuk fotosintesis. Hasil dari fotosintesis ini akan dilepaskan oksigen yang nantinya akan digunakan oleh makhluk hidup lainnya. Kegiatan manusia yang dapat meningkatkan kadar CO₂ di udara, dapat menurunkan kualitas udara bagi kehidupan.

d. Air

Air merupakan komponen yang sangat penting bagi kehidupan makhluk hidup. Sebagian besar tubuh makhluk hidup (90%) tersusun oleh air, sehingga begitu pentingnya air bagi metabolisme makhluk hidup. Air berfungsi sebagai zat pelarut di dalam tubuh serta membantu proses metabolisme di dalam tubuh. Bagi tumbuhan, air merupakan komponen penting dalam fotosintesis, sarana transportasi zat, membantu proses pertumbuhan sel-sel, serta menjaga tekanan osmotik sel. Bahkan mikroorganisme seperti bakteri serta jamur mempersyaratkan kondisi yang lembap agar dapat hidup dengan baik.



Sumber: <http://kebudayaan.kemdikbud.go.id> dan <https://mauhub.wordpress.com>

Gambar 2.2. Air sebagai komponen abiotik ekosistem

Persediaan air di setiap habitat berbeda secara kualitas maupun kuantitas. Organisme yang hidup di daerah perairan maupun daratan berbeda dalam menyesuaikan diri dengan lingkungannya. Organisme yang hidup di air, seperti air tawar maupun air laut harus beradaptasi dengan keadaan air sekitarnya. Misalnya, organisme yang hidup di

laut harus beradaptasi dengan kadar garam (salinitas) air laut. Organisme yang hidup di daratan beradaptasi sesuai dengan habitatnya, seperti gurun, hutan tropis, dan savana. Misalnya, tumbuhan yang hidup pada daerah dengan curah hujan yang rendah memiliki adaptasi akar yang panjang, lapisan lilin pada daun yang tebal, dan daun yang kecil untuk mengurangi penguapan. Di dalam suatu ekosistem, air dapat memengaruhi organisme yang hidup di dalamnya. Faktor-faktor yang dapat memengaruhi organisme dalam suatu ekosistem tersebut, yaitu suhu air, salinitas air, dan tingkat keasaman air.

e. Tanah dan bebatuan

Tanah berfungsi sebagai tempat hidup berbagai makhluk hidup dalam suatu ekosistem. Di dalam tanah terdapat zat hara yang merupakan mineral penting untuk mempertahankan proses di dalam tubuh, terutama bagi tumbuhan. Jenis tanah yang berbeda menyebabkan organisme yang hidup di dalamnya berbeda. Karakteristik tanah yang meliputi antara lain struktur fisik, komposisi mineral, dan pH membatasi penyebaran organisme yang berdasarkan kandungan sumber makanan di tanah.



Sumber: <https://www.emaze.com> dan <http://brangkasbejubel.blogspot.co.id>

Gambar 2.3. Tanah sebagai penyusun ekosistem

Tanah merupakan habitat sebagian besar makhluk hidup. Tumbuhan membutuhkan tanah sebagai sumber unsur hara maupun air. Akar tumbuhan masuk ke dalam tanah untuk mendapatkan air dari tanah serta mineral yang diperlukan untuk tumbuh dan berkembang. Demikian pula hewan-hewan yang menggunakan tanah sebagai tempat hidupnya serta melakukan segala aktivitasnya. Beberapa serangga dan cacing meletakkan telurnya dalam tanah untuk melanjutkan kerurunannya. Setelah menetas lalu menjadi larva, kemudian tumbuh dan berkembang menjadi dewasa. Struktur fisik, pH, dan komposisi mineral dari bebatuan dan tanah dapat memengaruhi jenis dan distribusi makhluk hidup yang menghuninya. Beberapa tumbuhan memiliki rentang hidup pada faktor kimia yang berbeda dan beberapa spesies tumbuhan dapat digunakan sebagai bioindikator.

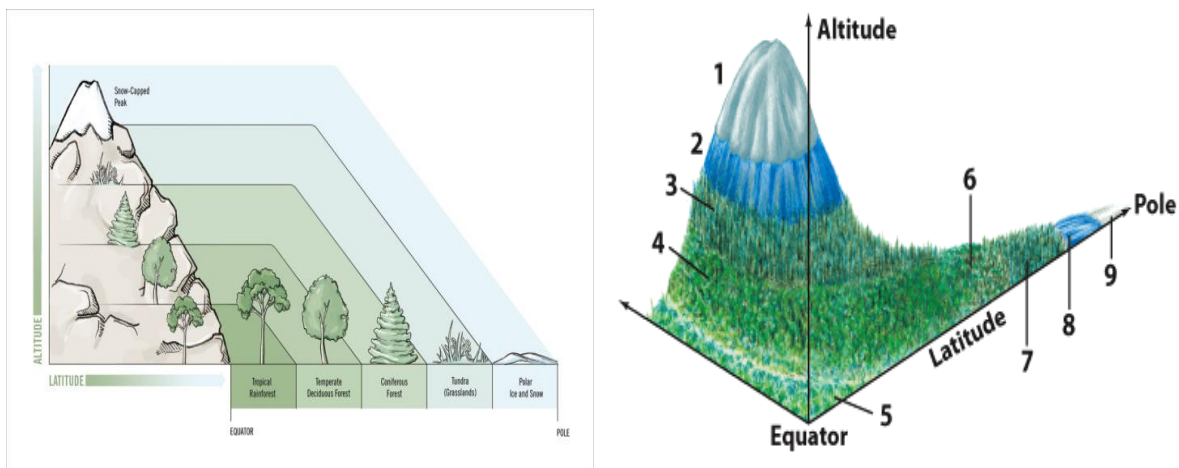
f. Kelembaban

Kelembaban udara menyatakan persentase jumlah uap air di udara. Uap air tersebut berasal dari penguapan air laut, sungai, danau, waduk dan sumber lain, maupun dari pelepasan uap air dari tubuh makhluk hidup. Semakin tinggi kadar uap air di udara, maka semakin tinggi tingkat kelembapan udaranya. Daerah yang berhawa dingin seperti pegunungan lebih lembap daripada daerah yang berhawa panas seperti pantai. Jenis tumbuhan yang hidup di dua daerah tersebut juga berbeda. Pada daerah lembap, lebih banyak terdapat tumbuhan yang memerlukan sedikit sinar matahari seperti paku-pakuan, lumut, dan anggrek yang biasanya hidup secara epifit pada batu-batu lembap, batang kayu basah, dan lainnya. Di daerah panas misalnya pantai, lebih banyak ditumbuhi tumbuhan seperti bakau dan pohon kelapa. Udara yang lembap juga sangat membantu pertumbuhan

jamur dan bakteri. Bahkan udara yang kelembabannya tinggi sangat berpeluang mendatangkan hujan, yang berarti mengembalikan air kembali lagi ke asalnya.

g. Altitude dan latitude

Altitude merupakan ketinggian tempat dari permukaan laut, sedangkan *latitude* merupakan perbedaan letak karena perbedaan jarak dari garis lintang. Topografi atau ketinggian tempat berpengaruh langsung terhadap kadar oksigen dan tekanan udara. Semakin tinggi suatu tempat, tekanan udara dan kadar oksigen akan semakin berkurang. *Altitude* dan *latitude* sangat memengaruhi sebaran/distribusi makhluk hidup, baik tumbuhan, hewan, maupun mikroorganisme. Seekor burung kutub tidak akan ditemukan di daerah tropis, atau sebaliknya pohon kelapa tidak mungkin tumbuh di daerah kutub. Perbedaan faktor fisik yang sangat tajam antara daerah kutub dan daerah tropis menyebabkan perbedaan sebaran tumbuhan. Spesies tumbuhan dan hewan pada dua daerah yang secara fisik berbeda akan berbeda pula.



Sumber: www.studyblue.com & www.coroflot.com

Gambar 2.4. Altitude dan latitude

2. Komponen Biotik

Komponen biotik adalah komponen penyusun ekosistem yang terdiri atas seluruh makhluk hidup (organisme) yang ada di dalamnya. Komponen ini berdasarkan peran dan fungsinya terbagi menjadi 2 jenis, yaitu sebagai komponen heterotrof (konsumen) dan komponen pengurai (dekomposer).



Sumber : http://ekosistem_rantai_makanan.blogspot.co.id

Gambar 2.5. Faktor biotik

Berdasarkan peran dan fungsinya, makhluk hidup dibedakan menjadi tiga macam, yaitu:

a. Produsen

Produsen merupakan makhluk hidup yang mampu mengubah zat anorganik menjadi zat organik (organisme yang bersifat autotrof). Proses tersebut hanya bisa dilakukan oleh tumbuhan yang berklorofil melalui proses fotosintesis. Produsen yaitu organisme yang dapat menyusun senyawa organik (mengandung bahan kehidupan) dari bahan anorganik (tidak mengandung bahan kehidupan) menjadi makanannya sendiri. Untuk mencukupi kebutuhan makanannya, organisme ini dibantu oleh cahaya matahari dan sering disebut autotrof. Yang termasuk kelompok ini meliputi tumbuhan, beberapa jenis bakteri, dan ganggang biru-hijau. Produsen membuat makanan untuk bagian ekosistem lainnya. Saat energi tidak didaur ulang, energi harus konsisten ditangkap oleh produsen. Energi ini kemudian diteruskan ke organisme yang memakan produsen, dan kemudian ke organisme yang memakan organisme tersebut, dan seterusnya.

Energi didefinisikan sebagai kemampuan untuk melakukan usaha. Dalam organisme, usaha ini merupakan pekerjaan fisik, seperti berjalan atau melompat, juga kegiatan yang digunakan untuk melaksanakan proses kimia dalam sel. Setiap reaksi biokimia yang terjadi pada sel-sel organisme membutuhkan energi. Semua organisme membutuhkan pasokan konstan energi untuk tetap hidup. Beberapa organisme bisa mendapatkan energi langsung dari matahari. Organisme lain mendapatkan energi dari organisme lain. Hubungan antara predator-mangsa, energi dari satu organisme yang

diteruskan ke organisme lain. Energi terus mengalir melalui sebuah komunitas. Semua kehidupan di bumi tergantung pada energi matahari untuk bertahan hidup. Energi matahari pertama ditangkap oleh produsen, yaitu organisme yang dapat membuat makanan sendiri. Banyak produsen membuat makanan sendiri melalui proses fotosintesis. Istilah “makanan” pada produsen artinya membuat gula, glukosa.

Pada dasarnya, produsen mengubah energi dari sinar matahari ke dalam bentuk energi yang dapat digunakan. Produsen juga membuat oksigen yang kita hirup. Oksigen merupakan produk limbah dari fotosintesis. Bahan-bahan yang diperlukan untuk fotosintesis adalah cahaya matahari, karbon dioksida (CO_2), dan air (H_2O). Dari bahan-bahan anorganik yang sederhana, organisme fotosintetik menghasilkan glukosa karbohidrat ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$), dan senyawa organik kompleks lainnya.

Kelangsungan hidup setiap ekosistem sangat tergantung pada produsen. Bila produsen tidak menangkap energi dari matahari dan mengubahnya menjadi glukosa, maka ekosistem tidak ada. Di darat, tanaman adalah produsen yang dominan. Fitoplankton, organisme fotosintetik kecil, adalah produsen yang paling umum di lautan dan danau. Alga, yang merupakan lapisan hijau yang terlihat mengambang di kolam merupakan contoh dari fitoplankton.

Ada bakteri yang menggunakan proses kimia untuk menghasilkan makanan. Bakteri ini mendapatkan energi dari sumber-sumber lain dari matahari, namun mereka masih disebut produsen. Proses ini dikenal sebagai kemosintesis, dan umum di ekosistem tanpa sinar matahari, seperti ekosistem laut tertentu.



(a) (b) (c)
Produsen meliputi (a) tanaman, (b) alga, dan (c) diatom.

Sumber: www.gurupendidikan.co.id, <http://inhabitat.com/tag/algae/>, dan <http://www.gettyimages.com>

Gambar 2.6. Contoh produsen

b. Konsumen

Konsumen atau konsumen merupakan organisme heterotrof yang tidak bisa membuat makanannya sendiri dan tergantung kepada organisme lain, baik bersifat heterotrof maupun

yang autotrof. Konsumer biasanya merupakan hewan. Hewan yang memakan tumbuhan secara langsung disebut herbivora dan dikenal *konsumer primer*. Hewan yang memakan konsumer primer dinamakan *konsumer II* dan seterusnya . Hubungan konsumer primer , konsumer II dan konsumer selanjutnya membentuk suatu hubungan yang disebut rantai makanan. Konsumer terakhir disebut *konsumer puncak*. Contoh konsumer puncak adalah manusia.

Konsumen meliputi organisme yang tidak mampu memenuhi kebutuhan makanannya sendiri, dan untuk memenuhi kebutuhan makanannya bergantung pada organisme lain. Konsumen atau organisme ini disebut juga organisme heterotrof. Komponen yang tergolong heterotrof adalah: mikroba, jamur, hewan dan manusia. Konsumen, semua makhluk hidup yang bergantung pada produsen sebagai sumber energinya.

Berdasarkan jenis makannya konsumen dibagi menjadi:

- 1) Herbivora (pemakan tumbuhan), konsumen yang memakan tumbuhan.
Contohnya: sapi, kambing, dan kuda
- 2) Karnivora (pemakan daging), konsumen yang memakan hewan lain.
Contohnya: harimau, serigala, dan macan.
- 3) Omnivora (pemakan semuanya/tumbuhan dan juga daging), konsumen yang memakan tumbuhan dan hewan. Contohnya: manusia dan tikus.

Berdasarkan tingkatannya, konsumen dibagi menjadi:

- 1) Konsumen primer, yaitu pemakan langsung produsen
Contohnya adalah semua bangsa herbivora serta omnivora, seperti tikus, kambing
- 2) Konsumen sekunder, yaitu pemakan konsumen primer
Contohnya ialah sebagian karnivora dan omnivora, seperti katak, ular, ayam, harimau
- 3) Konsumen tersier, yaitu pemakan konsumen sekunder.
Contohnya ialah sebagian karnivora dan omnivora, seperti: elang, gurita



Herbivora

karnivora

omnivora

Sumber: <http://burhuan.blogspot.co.id>, <http://www.gurupendidikan.co.id>, dan

<http://www.nhptv.org/natureworks/nwep10b.htm>

Gambar 2.7. Komsumen dalam ekosistem

c. Dekomposer

Dekomposer mendapatkan nutrisi dan energi dengan memecah organisme mati dan kotoran hewan. Proses yang terjadi adalah pengurai melepaskan nutrisi, seperti karbon dan nitrogen, kembali ke lingkungan. Nutrisi ini didaur ulang kembali ke ekosistem sehingga produsen dapat menggunakannya. Mereka diteruskan ke organisme lain ketika mereka dimakan atau dikonsumsi. Banyak dari nutrisi ini didaur ulang kembali ke dalam tanah, sehingga mereka dapat diambil oleh akar tanaman.

Dekomposer disebut pengurai atau perombak. Dekomposer adalah organisme yang menguraikan bahan organik menjadi anorganik untuk kemudian digunakan oleh produsen. Adanya perombak ini memungkinkan zat-zat organik terurai dan mengalami daur ulang kembali menjadi hara. Organisme yang termasuk kelompok perombak adalah jamur dan bakteri. Dekomposer dapat disebut juga sebagai organisme pemakan bangkai (detritivor). Dekomposer atau pengurai adalah semua makhluk hidup yang memperoleh nutrisi dengan cara menguraikan senyawa organik yang berasal dari makhluk hidup yang telah mati. Contohnya: bakteri, jamur, dan cacing.

Stabilitas suatu ekosistem tergantung pada tindakan dekomposer. Contoh dekomposer termasuk jamur pada kayu yang membusuk. Bakteri dalam tanah juga pengurai. Hewan pengurai sangat berjasa bagi kehidupan. Bisa dibayangkan bila di dunia tidak ada pengurai. Limbah dan sisa organisme mati akan menumpuk dan nutrisi dalam organisme limbah tidak akan dilepaskan kembali ke ekosistem. Produsen tidak akan memiliki cukup nutrisi. Karbon dan nitrogen yang diperlukan untuk membangun senyawa organik, membentuk sel, yang digunakan untuk pertumbuhan organisme tidak akan cukup. Nutrisi lain yang diperlukan oleh suatu organisme untuk berfungsi dengan baik juga tidak

akan cukup, sehingga banyak organisme yang tergantung pada kehadiran dekomposer tidak ada.



Sumber : <http://www.temukanpengertian.com> dan <http://budisma.net>

Gambar 2.8. Dekomposer

Pengertian umum yang saat ini banyak dipakai untuk memahami organisme perombak bahan organik atau biodekomposer adalah organisme pengurai nitrogen dan karbon dari bahan organik (sisa-sisa organik dari jaringan tumbuhan atau hewan yang telah mati) yaitu bakteri, fungi, dan aktinomisetes. Komponen pengurai atau dekomposer adalah komponen biotik yang menguraikan bahan organik dari semua organisme mati sebagai sumber energinya. Komponen pengurai disebut pula dengan istilah konsumen makro (sapotrof). Adapun yang termasuk ke dalam komponen ini adalah bakteri, jamur, dan kutu kayu. Ketiganya melakukan kegiatan penguraian melalui 3 tipe dekomposisi yaitu aerobik (menggunakan oksigen), anaerobik (tidak menggunakan oksigen), dan fermentasi. Perombak bahan organik terdiri atas perombak primer dan perombak sekunder. Perombak primer adalah mesofauna perombak bahan organik, seperti Colembolla, Acarina yang berfungsi menghancurkan bahan organik dan serasah menjadi berukuran lebih kecil. Cacing tanah memakan sisa-sisa remah, lalu dikeluarkan sebagai feces setelah melalui pencernaan dalam tubuh cacing. Perombak sekunder adalah mikroorganisme perombak bahan organik seperti *Trichoderma reesei*, *T. Harzianum*, *T. Koningii*, *Phanerochaeta cryosporium*, *Cellulomonas*, *Pseudomonas*, *Thermospora*, *Aspergillus niger*, *A. Terreus*, *Penicillium*, dan *Streptomyces*. Adanya aktivitas fauna tanah, memudahkan mikroorganisme untuk memanfaatkan bahan organik, sehingga proses mineralisasi berjalan lebih cepat dan penyedia hara bagi tanaman.

Pengurai atau dekomposer adalah organisme yang menguraikan bahan organik yang berasal dari organisme mati. Pengurai atau dekomposer umumnya adalah mikroorganisme

yang menguraikan materi-materi yang sebelumnya telah melalui proses penguraian oleh organisme detritivor. Pengurai atau dekomposer disebut juga konsumen makro (sapotrof) karena makanan yang dimakan berukuran lebih besar. Organisme pengurai menyerap sebagian hasil penguraian tersebut dan melepaskan bahan-bahan yang sederhana yang dapat digunakan kembali oleh produsen. Yang tergolong pengurai adalah bakteri, jamur dan mikroba-mikroba pengurai.

d. Detrivora

Detrivora adalah organisme yang memakan partikel-partikel organik. Detritus merupakan hancuran jaringan hewan atau tumbuhan yang melapuk. Golongan detrivora termasuk golongan cacing tanah, siput, teripang, lipan. Detritivor yaitu hewan pengurai yang memakan sisa-sisa bahan organik. Detritivor adalah organisme yang mengkonsumsi hewan atau tumbuhan yang telah mati dan membusuk. Contoh detritivor adalah rayap, beberapa kumbang pemakan bangkai, kelabang, kutu kayu.



Sumber : <http://id.wikipedia.org>

Gambar 2.9. *Porcellio scaber* (kiri) dan *Oniscus asellus* (tengah) hidup di kayu mati

C. Jenis Ekosistem

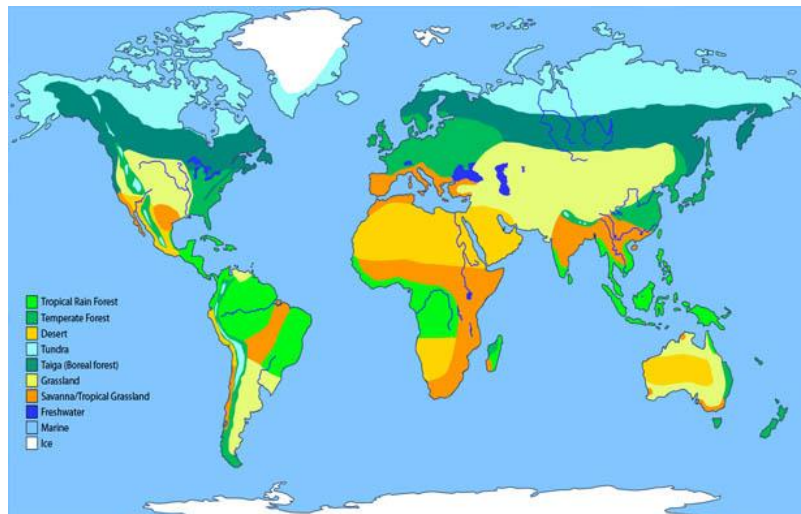
Berdasarkan tipenya ekosistem dibagi menjadi tipe ekosistem. Terdapat tiga tipe ekosistem yaitu:

1. Ekosistem darat(Terrestrial)
2. Ekosistem buatan
3. Ekosistem air (Akuatik)

1. Ekosistem Darat

Sesuai dengan namanya, ekosistem darat dapat diartikan sebagai ekosistem yang lingkungan fisiknya adalah berupa daratan. Adapun berdasarkan letak geografisnya, ekosistem darat sendiri dibedakan menjadi beberapa bioma, yaitu bioma gurun, bioma padang rumput, bioma hutan basah, bioma hutan gugur, bioma taiga, dan bioma tundra. Yang termasuk ekosistem darat adalah:

- Hutan hujan tropis
- Savana
- Padang rumput
- Gurun
- Hutan gugur
- Taiga
- Tundra



Sumber: <http://budisma.net>

Gambar 2.10. Letak ekosistem berdasar geografis

a. Bioma Gurun

Tak sedikit bioma gurun terdapat di beberapa daerah tropis. Bioma ini biasanya berbatasan langsung dengan bioma padang rumput. Ciri khas dari bioma gurun adalah curah hujannya yang rendah, yaitu sekitar 250mm/tahun, perbedaan suhu siang malam yang sangat timpang, serta tingkat kegersangan yang tinggi. Suhu siang hari di bioma gurun bisa mencapai 45°C, sedangkan suhu malam bisa mencapai 0°C.



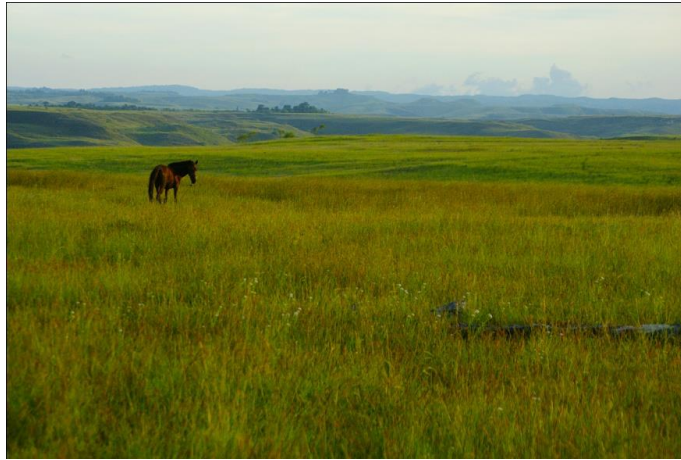
Sumber: <http://www.ebiologi.com>

Gambar 2.11. Contoh bioma gurun misalnya Gurun Sahara di Afrika

Kondisi komponen ekosistem abiotik yang sedemikian, membuat komponen biotik dari salah satu ekosistem darat ini sangat memprihatinkan. Di bioma gurun, sangat sedikit sekali tanaman semusim yang dapat hidup. Adapun tanaman tahunan yang dapat tumbuh di sana umumnya beradaptasi dengan memperkecil luas penampang daunnya sehingga menyerupai duri. Tumbuhan yang hidup di sana memiliki semacam jaringan yang dapat menyimpan persediaan air. Contoh tumbuhan yang hidup dalam bioma gurun misalnya kaktus, sedangkan contohnya hewannya antara lain pengerat, ular, katak, kadal, dan kalajengking.

b. Bioma Padang Rumput

Bioma padang rumput adalah salah satu bioma dalam ekosistem darat yang umumnya berada di sekitar wilayah yang membentang antara daerah tropis dan subtropis. Ciri umum dari bioma ini adalah curah hujannya berkisar antara 250 -350mm pertahun dengan sebaran yang tidak teratur. Selain itu, daya serap air dan aliran air dalam bioma ini juga berlangsung sangat cepat. Beberapa tumbuhan yang mendominasi dalam bioma ini antara lain tumbuhan terna dan rerumputan. Sedangkan hewannya antara lain bison, singa, jerapah, serangga, tikus, ular, serigala, gajah, dan kangguru.



Sumber: <http://pak.pandani.web.id>

Gambar 2.12. Contoh bioma padang rumput di Nusa Tenggara Barat

c. Bioma Hutan Basah

Bioma hutan basah adalah bioma dalam ekosistem darat yang umum terdapat di daerah tropis dan daerah subtropis. Bioma ini memiliki ciri khusus yaitu tingkat curah hujannya tinggi, sekitar 2000 – 2250mm per tahun. Tumbuhan yang dominan tumbuh adalah pohon-pohon tinggi (20 – 40 m) dengan cabang-cabang yang lebar dan daun lebat. Pohon-pohon ini membentuk semacam kanopi sehingga area di bawahnya memiliki intensitas penyinaran matahari yang rendah. Kondisi inilah yang membuat bioma hutan basah umumnya mempunyai tumbuhan khas antara lain rotan dan anggrek, dan hewan khas yaitu kera, babi hutan, harimau, burung, badak, dan burung hantu.



Sumber: <http://www.gurugeografi.id>

Gambar 2.13. Contoh bioma hutan basah di Kalimantan

d. Bioma Hutan Gugur

Bioma hutan gugur adalah bioma dalam ekosistem darat yang umum terdapat di daerah beriklim sedang. Ciri-ciri bioma ini adalah curah hujannya merata sepanjang tahun.

Bioma ini memiliki 4 musim, yaitu musim dingin, semi, panas, dan gugur. Adapun jenis pohon yang tumbuh sangat sedikit dan jarang, dengan hewan antara lain beruang, rubah, rusa, bajing, burung pelatuk, dan sebangsa luwak.



Sumber: <http://www.ebiologi.com/>

Gambar 2.14. Contoh bioma hutan gugur di China

e. Bioma Taiga

Bioma taiga adalah bioma dalam ekosistem darat yang umum terdapat di belahan bumi bagian utara di sekitar pegunungan tropis. Ciri-ciri bioma ini adalah suhu musim dingin yang sangat rendah. Adapun bioma taiga biasanya tersusun atas kehidupan biotik meliputi tumbuhan konifer, pinus, dan sejenisnya, sedangkan semak dan tumbuhan basah sangat jarang ditemukan. Beberapa hewan yang hidup dalam bioma ini antara lain beruang hitam, ajag, moose, dan burung-burung yang bermigrasi ke selatan saat musim gugur.



Sumber: <https://geograph88.blogspot.co.id>

Gambar 2.15. Contoh bioma taiga di Canada

f. Bioma Tundra

Bioma tundra adalah bioma dalam ekosistem darat yang umum terdapat di belahan bumi utara di sekitar lingkaran kutub di puncak gunung yang tinggi. Ciri umum dari bioma ini adalah suhu yang sangat dingin dengan tumbuhan yang hidup hanya bertahan selama 2 bulan. Adapun tumbuhan yang dominan dalam bioma ini misalnya sphagnum, tumbuhan biji semusim, lumut kerak, tumbuhan kayu yang pendek, dan rerumputan.

Sedangkan hewan yang hidup adalah hewan dengan bulu tebal dan berdarah panas seperti beruang kutub, rusa kutub, dan serangga.



Sumber: www.bioenciclopedia.com

Gambar 2.16. Contoh bioma tundra di Canada

Ekosistem alami dapat didefinisikan sebagai ekosistem yang terbentuk dengan sendirinya oleh proses alam yang berlangsung dalam jangka waktu lama. Ekosistem alami terbagi dua macam, yaitu ekosistem darat dan ekosistem perairan. Berikut ini adalah contoh ekosistem alami dari dua macam ekosistem tersebut:

1. Ekosistem laut adalah contoh ekosistem alami yang didominasi oleh lingkungan perairan dengan kadar garam atau salinitas yang tinggi. Dua per tiga luas permukaan bumi terdiri atas ekosistem ini.
2. Ekosistem hutan adalah contoh ekosistem alami yang didominasi oleh pepohonan besar dan keragaman organisme yang tinggi. Ada 2 jenis bioma yang terdapat dalam ekosistem hutan, yaitu bioma hutan hujan tropis dan bioma hutan gugur.
3. Ekosistem sungai merupakan ekosistem alami yang didominasi oleh perairan tawar. Sungai merupakan aliran berkadar garam rendah yang terus mengalir. Ekosistem ini memiliki kekhasan berupa sedimentasi di setiap dasar substratnya.
4. Ekosistem gunung adalah ekosistem yang terdapat di daerah jauh di atas permukaan laut. Ekosistem ini memiliki iklim yang dingin.
5. Ekosistem air terjun adalah contoh ekosistem alami bersifat lotik yang mengalir dengan sangat deras karena berada pada permukaan dengan elevasi yang sangat curam.
6. Ekosistem gua adalah contoh ekosistem alami yang terbentuk karena rongga dalam pertemuan lempeng batuan bumi. Ekosistem ini identik dengan tempat gelap dan didominasi oleh hewan nokturnal berupa reptil dan kelelawar

2. Ekosistem Buatan

Ekosistem buatan adalah ekosistem yang terbentuk bukan hanya karena kerja alam semata melainkan juga karena dipengaruhi oleh campur tangan manusia. Ekosistem ini memiliki ciri khas berupa keragaman makhluk hidup dan ekologisnya yang cenderung lebih rendah. Ekosistem buatan adalah ekosistem yang diciptakan manusia untuk memenuhi kebutuhannya seperti bendungan, hutan jati, hutan pinus, sawah, perkebunan sawit, pedesaan, dan perkotaan.

Berikut ini adalah beberapa contoh ekosistem buatan:

- Ekosistem sawah merupakan contoh ekosistem buatan yang dibangun oleh manusia sebagai tempat budidaya tanaman padi. Di dalam ekosistem sawah ditemui berbagai organisme pengganggu tanaman seperti serangga dan gulma, serta organisme lain yang hidup di dalamnya dan melakukan interaksi satu sama lain.
- Ekosistem waduk adalah contoh ekosistem buatan yang dibangun oleh manusia sebagai sarana penampungan air dari ekosistem sungai. Waduk atau bendungan tergolong ekosistem air tawar karena airnya tidak mengalir.
- Ekosistem kebun binatang adalah contoh ekosistem yang sengaja dibuat sebagai sarana rekreasi dengan ciri khas berupa banyaknya hewan liar yang dikandangkan.
- Beberapa contoh ekosistem buatan lainnya seperti ekosistem taman, ekosistem tanggul, dan ekosistem akuarium.



Sumber : taugakasih.com

Gambar 2.17. Contoh ekosistem alami kepulauan Seribu



Sumber : <http://pemandianbektiharjo.blogspot.co.id>

Gambar 2.18. Ekosistem buatan kebun teh

3. Ekosistem Perairan

Ekosistem perairan terbagi menjadi dua, yaitu ekosistem air tawar dan ekosistem air laut. Pembagian ini berdasarkan perbedaan fisik dan kimiawi yang memengaruhi komunitas perairan tersebut. Bioma air tawar umumnya memiliki konsentrasi garam kurang dari 1%, sedangkan bioma laut umumnya memiliki kadar garam 3%. Ekosistem perairan, meliputi :

- a. Ekosistem Air Tawar
- b. Ekosistem Laut
- c. Ekosistem Estuari
- d. Ekosistem Pantai Pasir
- e. Ekosistem Pantai Batu
- f. Ekosistem Terumbu Karang
- g. Ekosistem Laut Dalam

a. Ekosistem Air Tawar

Ekosistem air tawar umumnya dibagi menjadi dua kelompok, yaitu lentik dan lotik. Lentik merupakan habitat air yang tidak terdapat arus air yang mengalir terus, contohnya adalah danau. Adapun lotik adalah habitat air yang mengalir, contohnya adalah sungai.

Danau memiliki ciri khas air yang tenang sehingga kondisi biotik dan abiotiknya relatif stabil. Daerah yang dapat ditembus cahaya matahari memungkinkan terjadinya fotosintesis disebut daerah fotik. Adapun daerah yang tidak dapat ditembus oleh cahaya matahari disebut daerah afotik.

Danau pada umumnya memiliki tiga zona, yaitu zona litoral, zona limnetik, serta zona profundal. Zona litoral merupakan daerah dangkal berdekatan dengan tepi danau dan

dapat ditembus cahaya dengan optimal. Tumbuhan yang berakar dan alga yang mengapung merupakan ciri-ciri zona litoral.

Zona limnetik merupakan daerah yang jauh dari tepi danau, namun masih dapat ditembus cahaya. Pada zona ini, fitoplankton dan tumbuhan yang berfotosintesis menyediakan makanan bagi zooplankton, jenis-jenis ikan, dan hewan lainnya.

Zona profundal merupakan daerah yang tidak dapat ditembus oleh cahaya matahari (afotik). Pada zona ini hidup predator heterotrof dan bentos (hidup di dasar air) yang mendekomposisi (menguraikan) limbah-limbah organik. Selain itu, pada zona profundal terdapat banyak bakteri dan makhluk hidup lain yang dapat hidup secara anaerob

Sungai merupakan air yang mengalir searah dari hulu menuju hilir. Aliran air yang konstan, mengikis tanah dan membentuk habitat unik yang menjadi penunjang kehidupan beberapa organisme. Selain itu, aliran sungai memengaruhi penumpukan sedimen, suplai oksigen, dan nutrisi.

Kecepatan aliran sungai dapat berbeda-beda pada beberapa titik. Gesekan pada dinding dan dasar sungai mengurangi kecepatan arus sehingga alga dapat menempel pada permukaan bebatuan, akar tanaman dapat menancap, dan hewan dapat hidup di dasar sungai tanpa terbawa arus.

b. Ekosistem Laut

Ekosistem laut biasa juga dinamakan sebagai ekosistem bahari. Ekosistem bahari merupakan ekosistem paling luas di permukaan bumi. Lebih dari dua pertiga bagian bumi ini merupakan ekosistem laut. Ekosistem ini meliputi ekosistem perairan laut dalam, ekosistem perairan laut dangkal (litoral), dan ekosistem daerah pasang surut.

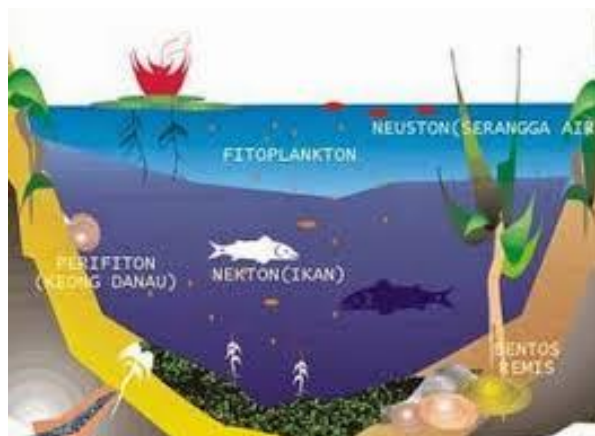
1) Ekosistem perairan laut dalam

Ekosistem ini memiliki ciri spesifik, yaitu tidak terjangkau oleh sinar matahari. Akibatnya, di ekosistem ini tidak ditemukan organisme fotoautotrof.

Di dalam ekosistem perairan laut dalam, jumlah detritivora (pengurai), karnivora (pemakan daging), dan saprofor (pemakan sampah) sangat melimpah. Oleh karena keadaannya yang gelap, banyak di antara jenisnya dilengkapi dengan organ yang bercahaya. Keterangan mengenai ekosistem ini belum begitu lengkap akibat kendala medan yang sulit diteliti. Penelitian tentang ekosistem ini memerlukan alat berat yang dapat menahan tekanan air yang besar.

2) Ekosistem perairan laut dangkal

Ekosistem ini disebut juga ekosistem litoral. Ekosistem ini berada di daerah pantai yang tergenang air laut, kecuali pada saat air surut. Daerahnya terbuka dan relatif tidak terpengaruh oleh air sungai besar karena memiliki jarak yang cukup jauh. Ekosistem ini banyak ditemukan di pantai utara Jawa, Bali, Sumbawa, dan Sulawesi. Komunitas di daerah ini didominasi beberapa macam ganggang, misalnya *Sargassum*. Ekosistem perairan dangkal dapat dibedakan menjadi beberapa subekosistem, antara lain ekosistem terumbu karang, pantai batu, dan pantai lumpur.



Sumber : www.zakapedia.com

Gambar 2.19. Ekosistem perairan laut dangkal

3) Ekosistem terumbu karang

Ekosistem terumbu karang terbentuk di daerah perairan jernih, yaitu hasil aktivitas organisme hewan berongga (Cnidaria). Ekosistem ini memiliki nilai ekonomis yang tinggi karena di dalamnya terdapat bermacam-macam ikan, udang, dan hewan laut lainnya. Ekosistem ini banyak terdapat diperairan Nusa Tenggara dan Maluku.



Sumber : babel.antaranews.com

Gambar 2.20 . Ekosistem terumbu karang Tual

4) Ekosistem pantai batu

Ekosistem ini didominasi batuan yang umumnya berukuran besar dan keras hasil penyatuan (konglomerasi) batu-batu kecil dengan tanah liat dan kapur. Bebatuan tersebut dapat pula terbentuk dari bongkahan batu granit yang besar. Biasanya, ekosistem pantai batu banyak terdapat di pesisir pantai yang berbukit, seperti pantai selatan Jawa, Bali, Nusa Tenggara, dan Maluku. Vegetasi yang dominan antara lain *Eucheuma* dan *Sargassum*.



Sumber: www.traveloista.com

Gambar 2.21. Ekosistem pantai batu Green Bay Banyuwangi

5) Ekosistem pantai lumpur

Ekosistem pantai lumpur terdapat di muara sungai yang menjorok ke laut dengan bentangan yang cukup luas. Ekosistem seperti ini banyak ditemukan di Jawa, Sumatra, Kalimantan, dan Papua. Komunitas pionir yang berkembang di komunitas ini, di antaranya api-api (*Avicennia*), bakau (*Sonneratia*), dan beberapa rumput laut seperti *Enhalus acoroides*. Ekosistem ini memiliki tipe estuaria atau muara sungai dan menjadi habitat ikan gelodok



Sumber: benyamin lakitan

Gambar 2.22 . Ekosistem pantai lumpur

D. Suksesi dan Klimaks

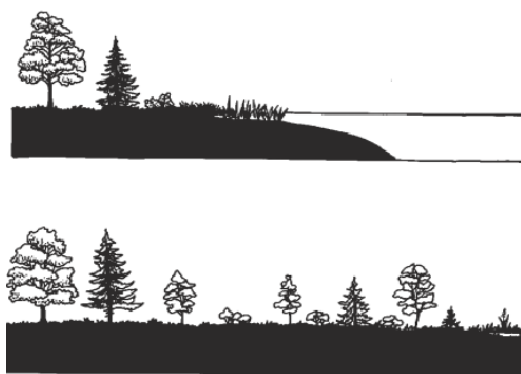
1. Suksesi

Definisi Suksesi

Suksesi adalah perubahan komposisi dan struktur dalam komunitas yang dapat diamati dan seringkali perubahan itu berupa pergantian satu komunitas oleh komunitas lain setelah beberapa gangguan, seperti kebakaran besar atau ledakan gunung berapi. Daerah yang terganggu ditempati oleh berbagai spesies yang secara perlahan digantikan oleh suatu spesies lain. Suksesi merupakan proses yang terjadi secara terus menerus ditandai oleh banyaknya perubahan dalam vegetasi, tanah dan iklim makro. Perubahan ini bersama-sama dan komponen satu dengan yang lain akan berhubungan.

Suksesi merupakan hasil dari tumbuhan itu sendiri, yaitu tumbuhan yang berbeda dalam daerah itu pada waktu tertentu mengubah lingkungannya, yang terdiri atas tanah, tumbuhan dan iklim mikro yang berada di atasnya sehingga cocok dengan jenis lain dibanding tumbuhan itu sendiri (Ewusie, 1990). Suksesi merupakan suatu proses perubahan dalam komunitas yang berlangsung menuju ke satu arah secara teratur. Suksesi merupakan pergantian jenis yang spontan (jenis pionir) oleh jenis yang lebih mantap dan dapat menyesuaikan secara lebih baik dengan lingkungannya (Kartawinata, Ressodarmo dan Soegiarto (1972). Menurut Odum (1971) suksesi vegetasi adalah urutan proses pergantian komunitas tanaman di dalam satu kesatuan habitat, adanya pergantian komunitas cenderung mengubah lingkungan fisik sehingga habitat cocok untuk komunitas lain sampai keseimbangan biotik dan abiotik tercapai.

Suksesi tumbuhan dalam suatu rawa yang dimulai dengan batang tumbuhan rawa, yang tumbuh keluar dari dalam air, maka terbentuk selapis vegetasi yang makin lama makin tebal sesuai dengan tahun-tahun yang berlalu dan area perairan terbuka makin menciut



Sumber : Nurrohmah, 2006

Gambar 2.23. Suksesi tumbuhan dalam rawa

Fase suksesi

Suksesi merupakan proses yang menyeluruh dan kompleks dengan adanya permulaan, perkembangan dan akhirnya mencapai kestabilan pada fase klimaks. Klimaks merupakan fase kematangan yang final, stabil memelihara diri dan memproduksi sendiri dari suatu perkembangan vegetasi dalam suatu iklim.

Selama proses suksesi terjadi berbagai perubahan, yaitu:

1. Meningkatnya kedalaman tanah, kandungan bahan organik dan perbedaan lapisan tanah
2. Meningkatnya komunitas tumbuh-tumbuhan, yaitu tinggi, biomass, kerimbunan dan tajuk
3. Adanya sifat tanah dan struktur komunitas menjadi lebih baik maka produktivitas dan pembentukan bahan organik meningkat.
4. Adanya perkembangan dari kerapatan, penutupan tajuk dan iklim mikro dalam komunitas
5. Keanekaragaman meningkat dari awal suksesi hingga akhir suksesi
6. Populasi meningkat, pergantian dari suatu populasi oleh populasi lain meningkat sampai tingkat yang stabil. Jenis berumur pendek digantikan dengan jenis berumur panjang
7. Kestabilan relatif dari komunitas pada tingkat awal komunitas tidak stabil, dimana populasi secara cepat digantikan oleh populasi lain, sedangkan populasi akhir biasanya stabil dan dikuasai oleh tumbuhan berumur panjang serta komposisi dari komunitas tidak berubah

Karakteristik Suksesi

Menurut Odum (1971) tiga karakteristik suksesi yang berperan dalam perkembangan ekosistem, yaitu:

- a. Suksesi merupakan suatu proses dari perkembangan komunitas yang meliputi perubahan stuktur jenis dan metabolisme komunitas yang searah dengan waktu sehingga dapat diramalkan
- b. Suksesi merupakan proses induksi komunitas dan organisme yang meneruskan perubahan lingkungan fisik. Perubahan lingkungan fisik menentukan pola dan dasar dari suksesi di dalam habitat

- c. Suksesi berperan penting untuk pembentukan stabilitas komunitas dengan biomassa maksimum, keanekaragaman jenis dan penggunaan semua kemungkinan tempat hidup organisme

Terdapat sembilan tahapan suksesi, yaitu :

1. *Nudation*, proses terbentuknya vegetasi pembentuk tanah
2. *Migration*, proses tumbuhan sampai dan tersebar dalam bentuk biji pada daerah terbuka
3. *Eccesis*, proses perkecambahan, pertumbuhan, perkembangbiakan dan menetapnya tumbuhan baru tersebut
4. *Agregation*, pola pengelompokan dari koloni yang tumbuh berkembang pada areal kosong
5. *Evolution of community relationship*, proses yang terjadi apabila daerah yang kosong ditempati jenis yang berkoloni dan jenis tersebut akan saling berhubungan satu dengan yang lain
6. *Inovation*, proses kolonisasi, biji tumbuhan yang telah beradaptasi dalam waktu yang relatif panjang akan tumbuh dan menetap pada tempat tersebut
7. *Reaction*, terjadinya perubahan habitat yang disebabkan oleh tumbuhan itu sendiri dan habitat tempat tumbuh. Reaction merupakan proses yang terus menerus dan menyebabkan kondisi kurang cocok bagi tumbuhan yang telah ada tetapi lebih cocok pada individu baru
8. *Stabilization*, proses dimana telah terbentuk individu dominan dan perubahan yang terjadi dalam struktur vegetasi yang relatif konstan
9. Klimaks, yaitu tahap akhir perubahan vegetasi, keadaan habitat dan struktur vegetasi relatif konstan karena pembentukan jenis dominan telah selesai

2. Klimaks

Suksesi ekologi akan terus berlangsung hingga mencapai suatu keadaan seimbang yang disebut dengan istilah komunitas klimaks (atau disebut klimaks saja). Jika terjadi klimaks, suksesi ekologi terhenti, namun proses pemanfaatan energi terus berjalan. Terjadi keseimbangan antara energi yang disimpan dan energi yang digunakan oleh berbagai komponen penyusun ekosistem. Kondisi ini disebut sebagai keseimbangan ekosistem. Jadi, dalam klimaks terjadi keseimbangan ekosistem (keseimbangan lingkungan).

Klimaks dan keseimbangan ekosistem tidak statis, melainkan berproses atau dinamis. Jika hutan klimaks mendapat gangguan, misalnya satu pohon tumbang karena penyakit, maka dengan cepat akan diganti dengan pohon baru yang tumbuh menggantikan pohon yang tumbang. Ekosistem dikatakan memiliki daya pulih kembali yang dikenal sebagai daya lenting lingkungan. Kerusakan yang melebihi batas kepentingan, misalnya akibat penebangan hutan yang dilakukan terus-menerus, mengakibatkan ekosistem tersebut sulit untuk kembali ke kondisi semula dalam waktu yang singkat. Dikatakan bahwa keseimbangan ekosistem terganggu dan daya lenting ekosistem juga terganggu.

Jenis suksesi

Ekosistem tidak diam dan statis, melainkan selalu berubah (dinamis). Ekosistem tumbuh dari komunitas yang sederhana menuju kekomunitas kompleks. Selama pertumbuhan itu terjadi pergantian jenis organisme yang dominan. Pergantian dominansi itu dikenal sebagai suksesi. Suksesi terus berlangsung hingga tercapai suatu *klimaks* atau bioma. Suatu klimaks adalah kondisi kondisi yang seimbang, tidak terjadi pergantian dominansi lagi.

Ditinjau dari asal terjadinya, suksesi dibedakan menjadi suksesi primer dan suksesi sekunder.

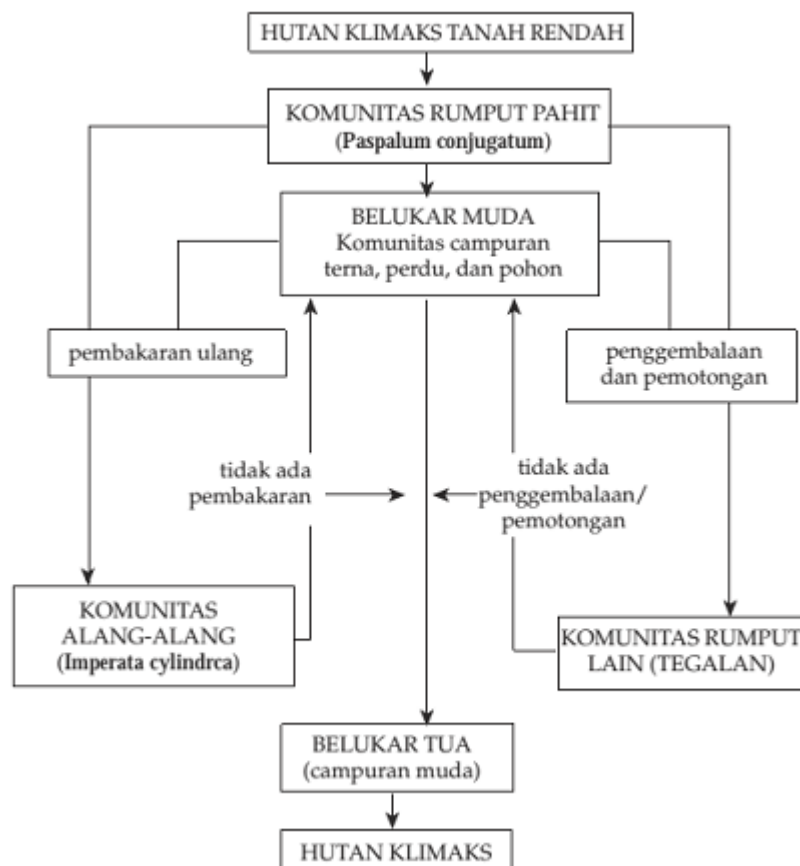
Suksesi Primer

Suksesi primer berlangsung pada permukaan terbuka yang kosong sehingga muncul ekosistem baru. Misalnya, letusan Gunung Krakatau pada tahun 1883 menyebabkan permukaan Pulau Krakatau ditutupi batu-batu gunung. Sampai dua bulan berikutnya, keadaan batu-batuan di sana masih panas. Tidak ada makhluk hidup yang dijumpai di atasnya. Sembilan bulan kemudian, muncul alga biru yang hidup menempel pada batu yang lembap. Alga biru yang hidup pertama kali itu dikenal sebagai organisme perintis (pionir). Tahun berikutnya, muncul lumut kerak. Hasil pelapukan oleh alga biru dan lumut kerak membentuk tanah, yang memungkinkan tumbuhan lain hidup di atasnya. Tiga tahun kemudian, muncul tumbuhan pantai yang tumbuh dari biji-bijian yang terbawa air laut dari Pulau Jawa dan Sumatera. Biji-biji yang terbawa burung atau kelelawar yang berjatuh di sana juga akan tumbuh. Tujuh tahun setelah itu, dijumpai bermacam-macam serangga, biawak, ular, dan laba-laba. Seratus tahun kemudian, telah terdapat hutan di lereng-lereng Gunung Krakatau. Di negara kita, proses dari batuan hingga menjadi hutan

belantara memerlukan waktu 100-150 tahun . Di negara beriklim sedang, waktunya mencapai 500 tahun atau lebih.

Suksesi Sekunder

Suksesi sekunder berlangsung di bekas ekosistem yang tidak mengalami kerusakan total. Suksesi sekunder tidak dimulai dari kondisi ekosistem yang kosong. Contohnya, suksesi yang terjadi di bekas sawah, tanah rawa yang dikeringkan, dan padang alang-alang. Didalam suksesi sekunder tidak dijumpai organisme perintis. Jenis organisme yang mendominasi tergantung pada lingkungannya.



Sumber: Modul UT, Ekologi Lanjutan

Gambar 2.24. Bagan garis besar suksesi sekunder di tanah beriklim basah

Proses dan faktor yang berperan dalam suksesi sekunder sama dengan yang berlaku pada suksesi primer. Contoh suksesi sekunder adalah tegalan, padang alang-alang, belukar bekas ladang, dan kebun karet yang ditinggalkan. Komunitas ini masih mengalami

perubahan yang menuju ke arah komunitas klimaks, kecuali jika dalam proses ini terjadi lagi gangguan maka suksesi akan mundur lagi dan mulai lagi dari titik nol.

3. Perubahan Lingkungan

Masalah lingkungan hidup adalah memelihara hubungan serasi antara manusia dengan lingkungan. Pembangunan menimbulkan perubahan, baik dalam lingkungan alam maupun dalam lingkungan sosial, maka penting diusahakan agar perubahan-perubahan lingkungan ini tidak sampai mengganggu keseimbangan hubungan antara manusia dengan lingkungan.

Sepanjang masa ekosistem mengalami perubahan baik struktur maupun fungsinya. Perubahan yang terjadi kemungkinan hanya fluktuasi setempat, namun mampu berpengaruh besar terhadap perubahan lingkungan maupun mengubah stabilitas hubungan suatu ekosistem.

Perubahan ekosistem disebabkan oleh hal-hal berikut.

- 1) Perkembangan secara alami suatu ekosistem berupa perubahan-perubahan yang berlangsung dalam ekosistem dalam perjalanannya menuju keseimbangan. Perkembangan alami ini dikenal dengan istilah suksesi.
- 2) Pengaruh atau faktor luar, biasanya akibat ulah manusia.

Selain disebabkan oleh peristiwa suksesi alam, perubahan-perubahan lingkungan disebabkan pula oleh ulah manusia. Bahkan ulah manusia sangat besar peranannya dalam mengubah keseimbangan lingkungan. Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi memberi kemudahan bagi manusia untuk memperlakukan lingkungan sesuai dengan kehendaknya. Penebangan hutan menjadi semena-mena. Pembukaan lahan untuk kepentingan-kepentingan tertentu, seperti real estate, villa, pabrik, industri dilakukan tanpa perhitungan yang matang, serta penggunaan dinamit atau trawl (pukat harimau) dalam menangkap ikan.

Berikut adalah beberapa kenyataan perubahan lingkungan yang terjadi akibat ulah manusia:

- 1) Menciutnya Areal Hutan. Banyak hal yang dapat menyebabkan menciutnya areal hutan, antara lain:
 - a) Penebangan liar
Menurut penelitian tahun 1986/1987, penebangan kayu untuk tujuan komersial mencapai 80 ribu hektar/tahun.
 - b) Kebakaran hutan

Walaupun kebakaran hutan dapat terjadi secara alami, ulah manusia dapat memicu peristiwa ini. Kebakaran hutan akan menurunkan kualitas tanah tersebut sehingga sulit untuk ditanami lagi. Kebakaran hutan yang dialami Indonesia mengakibatkan hilangnya keragaman hayati

- c) Pembukaan hutan untuk tujuan proyek-proyek pembangunan
- d) Akibat konversi lahan untuk perkebunan termasuk peladangan berpindah (di Sumatra, Kalimantan, dan Irian Jaya) mencapai 500 hektar/ tahun.

2) Meningkatnya pencemaran

Menurut Supardi (1994) yang dimaksud pencemaran lingkungan adalah terjadinya pencemaran yang dapat menyebabkan penurunan kualitas lingkungan dan terganggunya kesehatan serta ketenangan makhluk hidup.

Perubahan ekosistem menurut waktu, dapat dibedakan menjadi :

a. Perubahan musiman

Perubahan musiman terjadi pada daerah sub tropis yang mengenal empat musim dalam setahun

b. Perubahan jangka panjang (ribuan atau jutaan tahun)

Disebut sebagai perubahan klimatik dan evolusioner. Perubahan yang terjadi dalam jangka waktu 1 – 1500 tahun dikenal dengan suksesi

c. Perubahan jangka pendek atau sangat cepat

Perubahan iklim (*climate changes*) merupakan salah satu fenomena alam yang terjadi akibat perubahan nilai unsur iklim baik secara alamiah maupun yang dipercepat akibat aktifitas manusia di muka bumi. Sejak revolusi industri dimulai hingga sekarang telah menyebabkan terjadinya peningkatan suhu udara global. Perubahan iklim juga menyebabkan anomali iklim seperti fenomena Enso (El-Nino dan La-Nina), IOD (*Indian Ocean Dipole*), penurunan atau peningkatan suhu udara secara ekstrem, curah hujan dan musim bergeser dari pola biasanya dan tidak menentu serta permukaan air laut meningkat dan terjadinya rob di beberapa wilayah. El-Nino adalah kejadian iklim di mana terjadi penurunan jumlah dan intensitas curah hujan akibat naiknya suhu permukaan laut di wilayah Samudra Pasifik Selatan yang mendorong mengalirnya massa uap air di wilayah Indonesia ke arah timur. Sebaliknya, La-Nina adalah kejadian iklim di mana terjadi peningkatan jumlah dan intensitas curah hujan hingga memasuki musim kemarau akibat

penurunan suhu permukaan laut di wilayah Samudra Pasifik Selatan yang memperkaya massa uap air di wilayah Indonesia.

Penyebab perubahan lingkungan :

1. Secara alami atau disebabkan aktivitas alam seperti erupsi gunung berapi, tsunami, gempa bumi, dan erosi.
2. Aktivitas manusia, seperti pencemaran lingkungan yang mengakibatkan degradasi habitat makhluk hidup, kepunahan makhluk hidup (sumberdaya hayati), ketidakseimbangan atau ketidakstabilan ekosistem dan kepunahan ekosistem

Komponen biotik dan abiotik memiliki banyak peran dalam ekosistem. Selain itu, kedua komponen tersebut berperan dalam proses aliran energi dan daur biogeokimia. Aliran energi merupakan proses berpindahnya energi dari satu organisme ke organisme lainnya. Aliran energi dapat berupa rantai makanan dan jaring-jaring makanan. Daur biogeokimia merupakan daur perpindahan materi dari komponen abiotik ke komponen biotik dan kembali lagi ke komponen abiotik.

E. Rantai Makanan dan Jaring Makanan

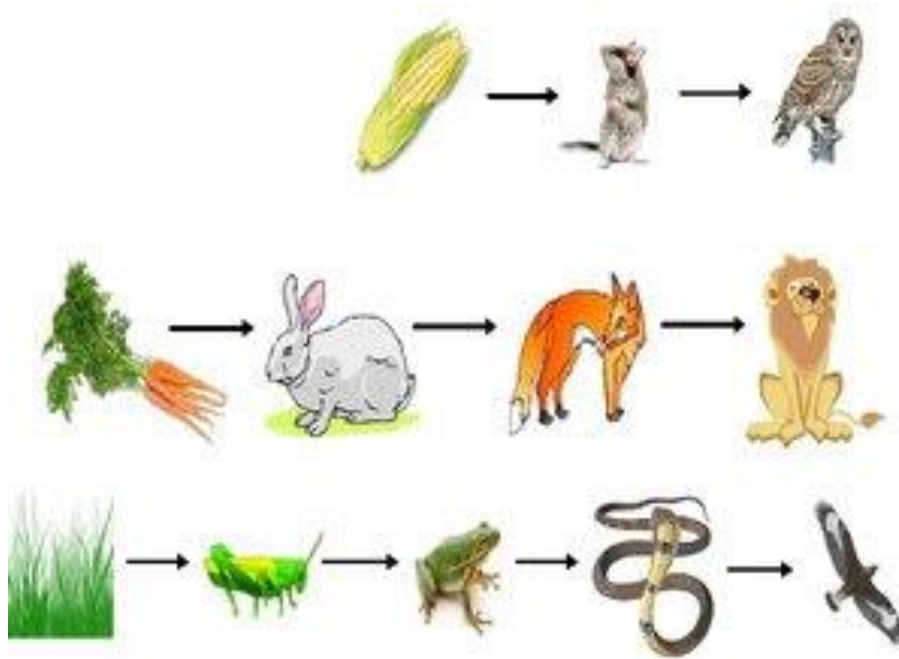
Dalam komunitas suatu ekosistem, terjadi proses-proses interaksi di antara anggota populasi-populasinya. Proses interaksi tersebut contohnya adalah proses saling makan dan saling dimakan. Produsen yang berupa tumbuhan merupakan makanan bagi hewan-hewan herbivora. Hewan-hewan herbivora tersebut dinamakan konsumen primer. Selanjutnya, hewan-hewan herbivora akan dimakan oleh hewan-hewan karnivora. Hewan-hewan karnivora tersebut dinamakan konsumen sekunder. Hewan-hewan karnivora dapat dijadikan makanan oleh hewan-hewan karnivora lainnya. Kelompok hewan karnivora yang memakan hewan karnivora lainnya disebut konsumen tersier. Proses makan dan dimakan pada serangkaian organisme disebut sebagai rantai makanan (Gambar 2.25). Dalam ekosistem, jumlah tingkatan konsumen yang terlibat dalam rantai makanan biasanya terbatas, pada umumnya empat sampai lima tingkat.

Semua bentuk kehidupan di muka bumi ini memperoleh energi dari matahari, baik secara langsung maupun tidak langsung. Produsen atau organisme autotrof memperoleh energi secara langsung dari cahaya matahari.

a. Rantai Makanan

Peristiwa memakan dan dimakan sederetan organisme dengan urutan tertentu dinamakan rantai makanan. Dalam rantai makanan terjadi proses perpindahan energi dari

produsen ke konsumen (I, II, III, dan seterusnya), kemudian ke pengurai. Semua rantai makanan selalu dimulai dari tumbuhan berklorofil yang berperan sebagai produsen dan berakhir pada pengurai (berperan sebagai dekomposer). Pengurai tersebut menghasilkan unsur-unsur hara.yang dapat digunakan lagi oleh produsen. Masing-masing tingkatan tersebut dinamakan tingkatan trofik.

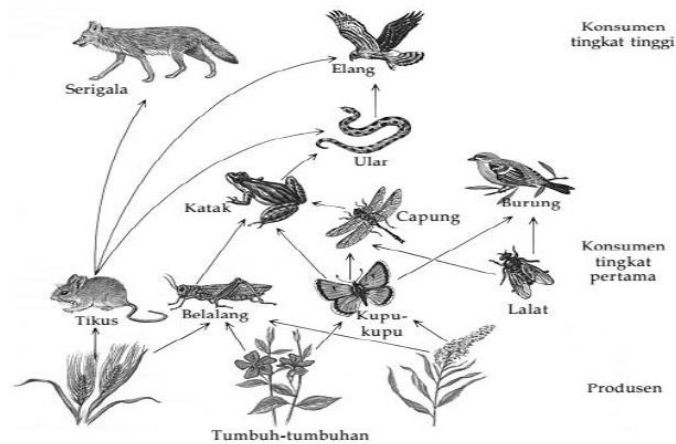


Sumber : <http://farof.blogspot.co.id/>

Gambar 2.25. Rantai makanan

b. Jaring-Jaring Makanan

Rantai makanan yang saling terkait dan berhubungan membentuk jaring-jaring makanan. Pada ekosistem, tumbuhan menempati tingkatan trofik pertama, hewan herbivora menempati tingkatan trofik kedua, hewan-hewan karnivora menempati tingkatan trofik ketiga, dan demikian seterusnya. Dalam ekosistem, aliran energi biasanya tidak sesederhana seperti yang diuraikan dan digambarkan di atas. Proses makan dan dimakan pada umumnya tidak terjadi dalam urutan yang linier, tetapi terjadi dalam suatu proses kompleks. Proses rantai makanan yang saling menjalin dan kompleks tersebut dinamakan jaring makanan . Hal ini terjadi karena suatu organisme sering kali memiliki jenis makanan yang banyak.



Sumber : <http://www.kuttabku.com>

Gambar 2.26. Jaring makanan

2. Piramida Ekologi

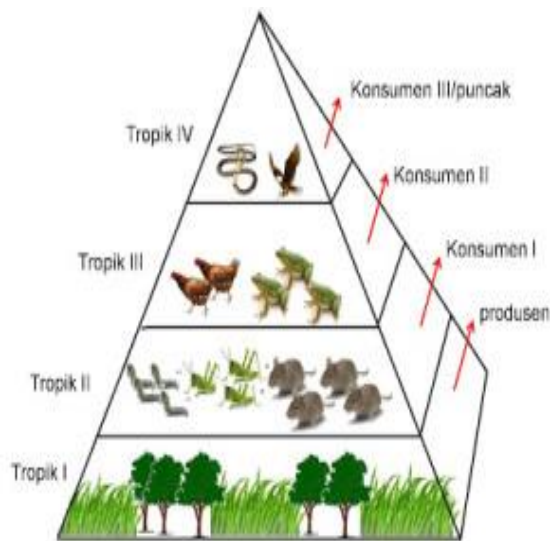
Piramida ekologi merupakan piramida abstrak yang menggambarkan komposisi komponen biotik penyusun suatu ekosistem. Piramida ekologi memberikan gambaran kasar tentang pengaruh hubungan rantai makanan bagi kelompok ekologi secara menyeluruh.

- **Piramida jumlah Individu**

Sebuah piramida individual adalah suatu diagram batang yang menunjukkan jumlah relatif organisme dalam suatu rantai makanan. Perhitungan hubungan antara predator pemangsa dan mangsa melalui piramida jumlah individu pertama kali diusulkan oleh seorang ahli ekologi Inggris bernama Charles Elthon.

- **Piramida biomassa**

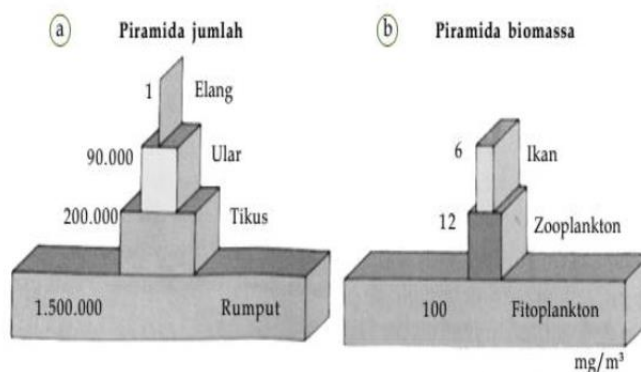
Piramida biomassa menggambarkan besarnya biomassa komponen biotik suatu ekosistem. Yang dimaksud dengan biomassa adalah organisme pada tiap tingkat rantai makanan. Ukuran suatu organisme menentukan besarnya metabolisme organisme tersebut. Makin kecil suatu organisme, makin besar metabolismenya pergram biomassa, dan makin kecil pula biomasanya.



Sumber : <http://mariamasihidup.blogspot.co.id>

Gambar 2.27. Piramida ekologi

Dalam rantai makanan, organisme pada tingkatan tropik rendah memiliki jumlah individu lebih banyak. Makin tinggi tingkat trofik, makin sedikit jumlah individunya dalam ekosistem. Jika jumlah individu per satuan luas untuk masing-masing tingkatan tropik digambarkan dalam histogram, akan membentuk semacam piramida yang disebut piramida jumlah (Gambar 2.28a). Piramida-piramida jumlah pada ekosistem-ekosistem yang berbeda tidak dapat dibandingkan satu dengan yang lain. Hal tersebut karena pada masing-masing ekosistem, individu-individu yang terlibat di dalamnya tidak sama. Oleh karena itu, muncul yang disebut piramida biomassa (Gambar 2.28b). Piramida biomassa berfungsi menggambarkan perpaduan massa seluruh organisme di habitat tertentu yang diukur dalam gram.

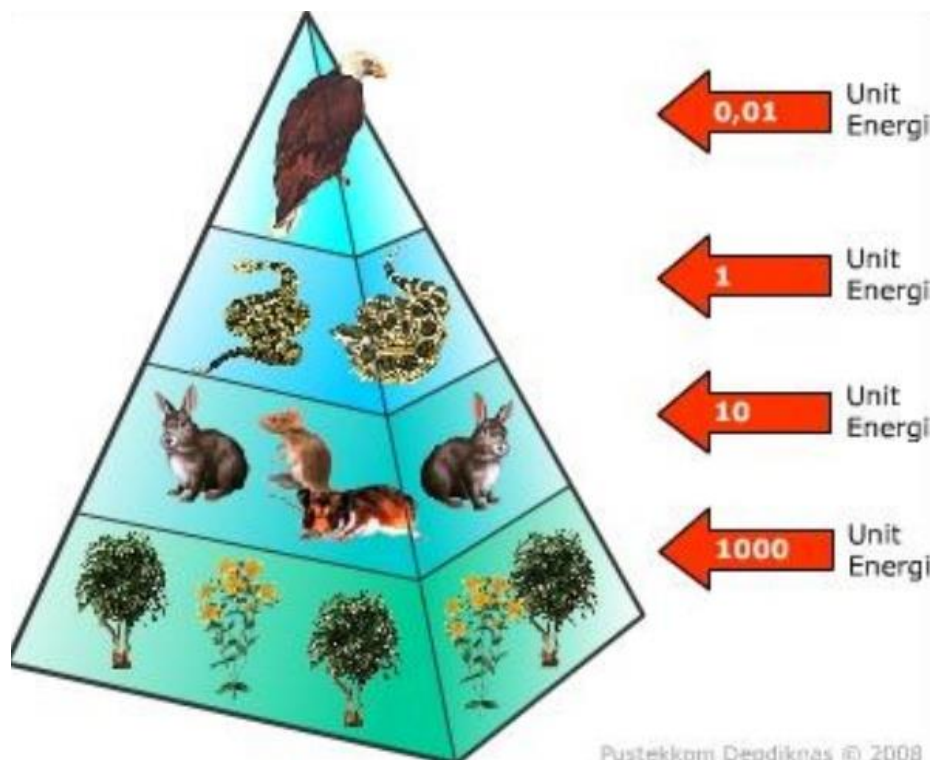


Sumber : <http://www.kuttabku.com>

Gambar 2.28. Piramida biomassa

Dari Gambar 2.28 tersebut, dapat diartikan bahwa semakin rendah tingkatan tropik, makin besar biomasnya. Suatu biomassa produsen yang besar, dapat menyokong hidup herbivora dengan biomassa yang lebih kecil.

Piramida biomassa terkadang tidak memberi informasi aliran energi yang cukup pada ekosistem tertentu. Oleh karena itu, piramida energi (Gambar 2.29) dibuat berdasarkan penelitian yang mendalam mengenai aliran energi dan mampu memberikan gambaran akurat mengenai aliran energi. Dalam piramida energi terdapat pengurangan energi dalam tiap tingkat tropik yang terjadi karena beberapa makanan tidak dicerna sempurna menjadi energi. Hanya bagian tertentu dari makanan yang dapat dimakan dan hanya sebagian makanan yang disimpan dalam tubuh karena sisanya digunakan sebagai energi.



Sumber : <https://belajar.kemdikbud.go.id>

Gambar 2.29. Piramida energi

F. Daur Biogeokimia

1. Pengertian Biogeokimia

Biogeokimia merupakan perubahan atau pertukaran yang terjadi secara terus menerus antara komponen biosfer yang tak hidup dengan yang hidup. Pada ekosistem, materi di setiap tingkat trofik tidaklah hilang. Materi berupa unsur-unsur penyusun untuk bahan organik tersebut didaur ulang, dimana unsur-unsur tersebut

masuk dalam komponen biotik lantaran udara, air dan tanah. Daur ulang materi ini disebut juga dengan Daur Biogeokimia, hal ini dikarenakan dalam perubahan tersebut melibatkan beberapa makhluk hidup serta batuan (geofisik).

Fungsi Daur Biogeokimia

Perubahan atau daur ulang unsur-unsur yang sudah dikenal dengan sebutan daur biogeokimia ini mempunyai peran dan fungsi yang penting dalam menjaga kelangsungan hidup di bumi, hal ini karena semua materi hasil daur biogeokimia dapat digunakan oleh semua yang ada di muka bumi, termasuk komponen biotik ataupun komponen abiotik. Daur biogeokimia merupakan pertukaran atau perubahan antara komponen biosfer yang hidup dengan tak hidup secara terus menerus. Dalam suatu ekosistem, materi pada setiap tingkat tropik tidak hilang. Materi berupa unsur-unsur penyusun bahan organik tersebut didaur-ulang. Unsur-unsur tersebut masuk ke dalam komponen biotik melalui udara, tanah, dan air. Daur ulang materi tersebut melibatkan makhluk hidup dan batuan (geofisik) Fungsi daur biogeokimia adalah sebagai siklus materi yang mengembalikan semua unsur kimia terpakai oleh semua makhluk di bumi. Makhluk di bumi tersebut berupa komponen biotik maupun komponen abiotik. Akibat daur biokimia maka kelangsungan hidup di bumi dapat terjaga.

Daur biogeokimia :

Beberapa hal penting dalam daur biogeokimia adalah

- 1) unsur/materi/senyawa (kimia) akan terdapat di bumi (geo) dan dalam tubuh organisme
- 2) perpindahan dari geo ke geo terjadi misalnya dari udara diserap oleh tanah atau lautan dengan perantara hujan, pelapukan (perubahan batuan menjadi tanah), erosi (pengikisan) dan pengendapan
- 3) unsur/senyawa kimia dari bumi (geo) ke organisme (bio) digunakan untuk berbagai proses metabolisme
- 4) penyerapan/perpindahan unsur/senyawa melibatkan berbagai jenis mikroorganisme yang berperan sebagai dekomposer

Macam-macam daur biogeokimia :

- a. Daur Air/daur hidrologi
- b. Daur Karbon
- c. Daur Nitrogen
- d. Daur Fosfor
- e. Daur Sulfur/belerang

Pada waktu produsen dimakan oleh konsumen pertama, materi akan berpindah ke konsumen kedua. Dalam respirasi, karbohidrat akan diubah kembali menjadi CO_2 dan air. Akan tetapi, mineral yang terikat dalam biomassa akan berpindah terus melalui masing-masing tingkatan tropik. Pada waktu organisme mati, kemudian diuraikan oleh pengurai, energinya akan habis, sedangkan mineral akan diubah menjadi bahan anorganik. Mineral anorganik ini kemudian akan dimanfaatkan kembali oleh produsen untuk membentuk biomasnya. Begitulah seterusnya terjadi berulang hingga membentuk suatu daur. Daur materi yang terjadi di alam disebut daur biogeokimia. Daur ini dapat dibedakan berdasarkan materi atau mineral anorganiknya menjadi daur air, daur karbon, daur nitrogen, dan daur fosfor.

a. Daur Air

Air adalah kekuatan pendorong dari semua alam (Leonardo da Vinci). Benar dinyatakan oleh pelukis dan pematung terkenal ini, air adalah salah satu zat yang paling penting di bumi, karena semua organisme hidup membutuhkan air untuk bertahan hidup. Selain itu, itu adalah fakta yang diketahui bahwa air mencakup sekitar 70% dari permukaan bumi.

Daur air, juga dikenal sebagai daur hidrologi, dapat didefinisikan sebagai ‘suatu daur secara terus menerus, tak berujung dan penguapan air secara alami, berikutnya kondensasi, dan pengendapan sebagai hujan dan salju.’ Air adalah dasar dari semua proses kehidupan. Lebih dari setengah dari tubuh manusia terdiri dari air, sementara sel-sel manusia lebih dari 70 persen adalah air. Komposisi penyimpanan air di bumi : 97,5 persen adalah air asin dan 2,5 persen air tawar.

Dari air tawar yang ada, 99 persen berbentuk air atau es, sedangkan 1 persen tersimpan di danau dan sungai. Banyak makhluk hidup, seperti tanaman, hewan, dan jamur, tergantung pada jumlah kecil pasokan air permukaan yang segar, kekurangan air dapat memiliki efek besar pada dinamika ekosistem. Teknologi untuk meningkatkan ketersediaan air, seperti menggali sumur untuk mengambil air tanah,

menyimpan air hujan, dan menggunakan desalinasi untuk mendapatkan air minum dari laut. Proses desalinasi telah berlangsung sepanjang sejarah manusia, namun pasokan air bersih masih menjadi masalah utama di zaman modern.

Siklus air sangat penting untuk dinamika ekosistem karena memiliki pengaruh besar pada iklim dan lingkungan ekosistem. Sebagai contoh ketika air menguap, peristiwa tersebut tidak memakan energi dari sekitarnya, maka terjadilah pendinginan lingkungan. Ketika mengembun, ia melepaskan energi, terjadilah pemanasan lingkungan. Tahap penguapan adalah siklus memurnikan air, yang kemudian mengisi ulang tanah dengan air tawar. Aliran air cair dan es mengangkut mineral di seluruh dunia. Hal ini juga melibatkan pembentukan kembali fitur geologi bumi melalui proses termasuk erosi dan sedimentasi. Daur air juga penting untuk pemeliharaan makhluk hidup dan ekosistem di planet ini. Sebagian besar air di bumi disimpan untuk waktu yang lama di lautan, tanah, dan es. Waktu tinggal adalah ukuran waktu rata-rata molekul air individual tetap dalam reservoir (waduk) tertentu. Sejumlah besar air bumi terkunci di tempatnya pada waduk ini seperti es, di bawah tanah, dan di laut, dan, dengan demikian, tidak tersedia untuk siklus jangka pendek (hanya air permukaan yang bisa menguap).

Ada berbagai proses yang terjadi selama Siklus air, yang meliputi:

- penguapan / sublimasi
- kondensasi / presipitasi
- aliran air bawah permukaan
- limpasan permukaan / pencairan salju
- debit sungai

Air sangat penting bagi kehidupan manusia, karena makhluk hidup umumnya mengandung air. Seperti daur lainnya, daur air tidak berawal dan tidak berujung. Air yang turun ke bumi berasal dari hujan maupun pencairan es yang membeku. Sebagian air tersebut diserap oleh tumbuhan melalui akar. Setelah beberapa waktu, air dilepaskan dalam bentuk uap air melalui proses transpirasi pada daun. Sebagian lagi diminum hewan dan manusia, kemudian dilepaskan selama respirasi dan ekskresi. Sebagian air hujan jatuh di kolam atau sungai yang menuju lautan. Air hujan juga diserap oleh tanah dan mengalir di bawah tanah menuju laut. Sebagian besar air akan terkumpul di laut. Proses penguapan air atau evaporasi juga akan terjadi di laut. Melalui evaporasi, uap air akan berkumpul di udara dalam bentuk awan dan akan turun lagi dalam bentuk hujan atau salju.

Air sangat penting bagi suatu kehidupan, selain menjalankan fungsi vital, air juga berfungsi dalam aliran (daur) unsur senyawa lain dalam siklus biogeokimia.

Tahapan siklus air dalam biosfer melalui proses:

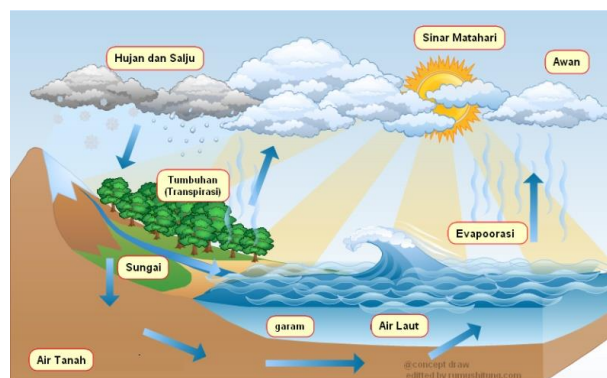
1. Penguapan (evaporasi)

Panas sinar matahari akan menyebabkan hewan maupun tumbuhan kehilangan air melalui celah atau pori yang terdapat dipermukaan tubuh. Selain itu, akan membuat air permukaan suatu badan air (sungai, kolam, danau, dan laut) akan menguap. Air yang menguap akibat pemanasan ini akan terbang tinggi ke atmosfer dan berkondensasi membentuk awan.

Ketika awan terbawa arus angin ke suatu wilayah di atmosfer yang suhunya dingin, maka awan akan berubah menjadi rintik hujan yang akan membasahi bumi, pada wilayah tertentu akan berubah menjadi hujan salju. Air hujan akan kembali ke daratan atau badan air, mengembalikan air yang telah menguap di atmosfer akibat pemanasan.

Meski demikian, jumlah air yang menguap dari daratan maupun wilayah akuatik memiliki jumlah yang lebih banyak dibanding curah hujan yang turun, kelebihan uap air akan dipindahkan oleh angin ke daratan. Hal tersebut yang membuat suatu wilayah (habitat) memiliki kelembaban yang tinggi (habitat yang banyak pohon). Habitat yang demikian amat penting bagi kehidupan amfibi.

Penguapan di daratan terjadi paling besar pada tumbuhan melalui proses transpirasi, yaitu keluarnya air melalui celah stomata pada jaringan epidermis bawah daun. Oleh karena itu, beberapa tumbuhan yang hidup ditempat kering dan panas melakukan adaptasi dengan bentuk daun yang kecil dan tebal atau berbentuk seperti duri, atau menutup stomata ketika siang hari.



Sumber : <http://cuversblog.blogspot.co.id>

Gambar 2.30. Daur air

2. Curah hujan (presipitasi)

Uap air yang terkondensasi menjadi awan secara perlahan akan berubah menjadi rintik hujan karena memasuki wilayah atmosfer yang semakin dingin. Pada umumnya, awan yang terkondensasi ini akan jatuh sebagai air hujan, namun pada beberapa biosfer yang suhunya amat dingin, awan ini akan jatuh sebagai salju, kabut, atau sejenisnya.

Curah hujan di atas permukaan daratan lebih besar dibanding proses penguapan. Aliran permukaan (infiltrasi) dan air tanah (groundwater) dari daratan akan menyeimbangkan aliran air dari lautan ke daratan. Siklus air berbeda dengan siklus senyawa biogeokimia lainnya. Hal ini karena air senantiasa mempertahankan bentuknya sebagai H₂O.

Secara umum, daur air dibedakan menjadi tiga:

1) Daur air pendek

Penguapan air laut akibat pemanasan sinar matahari ke atmosfer. Penguapan air ini akan membentuk kondensasi sehingga terbentuk awan. Awan yang terbentuk semakin menuju wilayah atmosfer yang paling tinggi, yang mana suhunya semakin menurun. Hal ini membuat awan yang terkondensasi terurai menjadi hujan yang turun di permukaan laut. Sekitar 505.000km³ curah hujan yang turun membasahi seluruh permukaan laut.

2) Daur air sedang

Penguapan air laut serta transpirasi yang digerakkan oleh panas matahari dan bergerak menuju daratan. Uap air makin tinggi terkondensasi membentuk awan. Semakin tinggi pergerakan awan yang tertiuip angin sampai ke daerah yang suhunya tinggi sehingga awan tersublim menjadi rintik hujan yang turun di permukaan daratan. Air mengalir melalui aliran sungai kemudian menuju laut kembali.

3) Daur air panjang

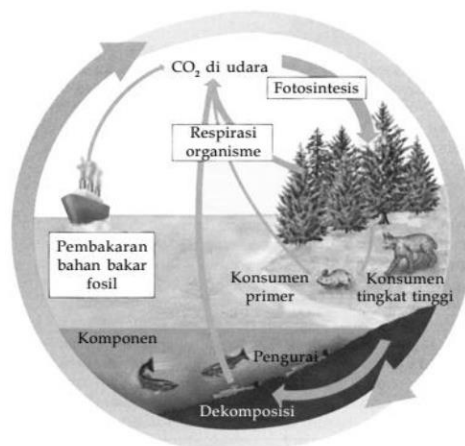
Pada daur air panjang, penguapan tak hanya berasal dari air laut, namun juga penguapan air daratan dan juga yang berasal dari organisme. Uap air mengalami sublimasi membentuk awan di atmosfer yang mengandung kristal es. Awan ini bergerak menuju daratan dibantu arus angin. Awan yang terkondensasi ini kemudian mencair akibat perubahan suhu, dan berubah menjadi salju yang

kemudian akan membentuk gletser. Ketika terjadi peningkatan suhu, gletser ini akan mencair dan membentuk aliran sungai yang mengalir ke daratan kemudian menuju ke laut.

b. Daur Karbon

Karbon dioksida yang banyak terdapat di atmosfer merupakan hasil dari respirasi manusia, hewan, erupsi vulkanik (letusan gunung), dan hasil pembakaran. Fotosintesis pada tumbuhan menggunakan karbon dioksida sebagai bahan bakunya untuk membentuk molekul organik. Molekul organik, seperti selulosa dan karbohidrat lainnya akan digunakan oleh hewan dan manusia melalui proses. Jika hewan atau manusia memakan tumbuhan tersebut, komponen karbon menjadi bagian tubuhnya. Perhatikan Gambar 2.31. Siklus karbon, merupakan gerakan unsur ini melalui biosfer dalam proses yang dimediasi oleh tanaman fotosintesis di darat dan di laut. Sejumlah besar karbon organik dapat ditemukan baik pada organisme hidup dan bahan organik mati.

Reservoir besar karbon, pada orde 20×10^{15} ton, dapat ditemukan di permukaan bumi. Sebagian besar waduk ini ditemukan di batuan dan sedimen. Proses ini melibatkan fiksasi karbon dioksida (CO_2) menjadi molekul organik, proses yang disebut fotosintesis. Energi yang digunakan dalam proses ini disimpan dalam bentuk kimia, seperti karbohidrat (gula seperti glukosa). Bahan organik akhirnya teroksidasi, seperti yang terjadi ketika organisme fotosintesis mati.



Sumber : Campbell, 2006.

Gambar 2.31. Daur karbon

Melalui proses respirasi, karbon dikembalikan ke atmosfer dalam bentuk karbon dioksida. Karena “omset” waktu bentuk seperti karbon sangat lambat (pada tingkat

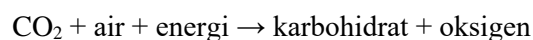
ribuan tahun), pintu masuk bahan ini ke dalam siklus karbon tidak signifikan pada skala manusia.

Sebagian karbon dikeluarkan hewan dan manusia melalui ekskresi dan defekasi. Jasad hewan maupun tumbuhan akan diuraikan oleh pengurai yang melepas karbon dioksida ke atmosfer. Tidak semua hewan dan tumbuhan terurai, namun menjadi fosil seperti batu bara, minyak bumi, dan gas. Bahan-bahan ini akhirnya kembali ke atmosfer karena pengeboran dan penggunaan oleh manusia.

Fotosintesis

Organisme yang menggunakan karbon dioksida sebagai sumber karbon dikenal sebagai autotrof. Banyak organisme juga menggunakan sinar matahari sebagai sumber energi untuk mereduksi karbon dioksida disebut sebagai fotoautotrof. Proses fiksasi karbon dioksida dilakukan oleh fitoplankton di laut, tanaman darat (terutama pohon), dan oleh mikroorganisme. Sebagian besar proses ini dilakukan oleh tumbuhan darat.

Proses fotosintesis dapat diringkas dengan persamaan berikut:



Proses ini membutuhkan energi dari sinar matahari, yang disimpan dalam bentuk energi kimia karbohidrat. Kebanyakan tanaman menghasilkan oksigen dalam proses kehidupannya. Sumber oksigen di atmosfer oleh beberapa bakteri di bumi diubah untuk menghasilkan produk selain oksigen. Organisme yang melakukan fiksasi karbon dioksida, menggunakan fotosintesis untuk mensintesis karbohidrat, disebut sebagai produsen.

Sekitar 20.000.000.000-30.000.000.000 ton karbon setiap tahun digunakan untuk proses dalam jumlah besar, tetapi hanya sebagian kecil dari total karbon yang ditemukan di bumi. Sekitar 450 miliar ton karbon terkandung dalam hutan bumi, sekitar 700 miliar ton dalam bentuk karbon dioksida atmosfer.

Sebagian besar karbon organik di bumi ditemukan dalam bentuk tanaman darat, termasuk hutan dan padang rumput. Ketika tanaman ini atau bahan tanaman mati, akan menjadi sumber bahan organik dan menjadi humus. Sebagian besar karbon yang awalnya terikat selama proses fotosintesis berubah menjadi humus.

Degradasi humus merupakan proses yang lambat. Dekomposisi humus melalui proses yang disebut respirasi mengembalikan sebagian besar karbon dioksida ke

atmosfer. Siklus karbon merupakan keseimbangan yang dinamis antara karbon di atmosfer dan karbon tetap dalam bentuk bahan organik.

Respirasi

Respirasi merupakan kebalikan dari fotosintesis. Semua organisme yang menggunakan oksigen, termasuk manusia melakukan proses respirasi. Dekomposisi humus oleh mikroorganisme mengembalikan sebagian besar karbon ke atmosfer tergantung jenis mikroorganismenya bisa dalam bentuk karbon, karbon dioksida, atau metana (CH_4). Respirasi umumnya diwakili oleh persamaan:

Karbohidrat + oksigen \rightarrow karbon dioksida + air + energi

Energi yang dilepaskan oleh reaksi digunakan oleh organisme (konsumen) untuk melaksanakan proses metabolisme sendiri.

Sedimen karbon

Meskipun sejumlah besar karbon terdapat di atmosfer dan organisme hidup, sebagian besar karbon ditemukan dalam deposit karbonat di darat dan sedimen laut. Beberapa karbon berasal dari ekosistem laut, dimana organisme menggunakan karbon dioksida terlarut untuk menghasilkan cangkang karbonat (kalsium karbonat). Apabila organisme mati, akan tenggelam dan menjadi bagian dari sedimen laut. Deposit organik seperti minyak dan batubara berasal dari endapan fosil bahan organik yang mati. Waktu daur ulang untuk sedimen dan deposit membutuhkan waktu ribuan tahun maka kontribusi mereka terhadap siklus karbon diabaikan.

Sedimen didaur ulang secara alami ketika sedimen larut atau ketika hujan asam jatuh pada batuan karbonat (kapur) yang mengakibatkan pelepasan karbon dioksida. Ketika deposit karbon dibakar sebagai bahan bakar fosil, kadar karbon dioksida di atmosfer meningkat dengan cepat.

Dampak Lingkungan Kegiatan Manusia

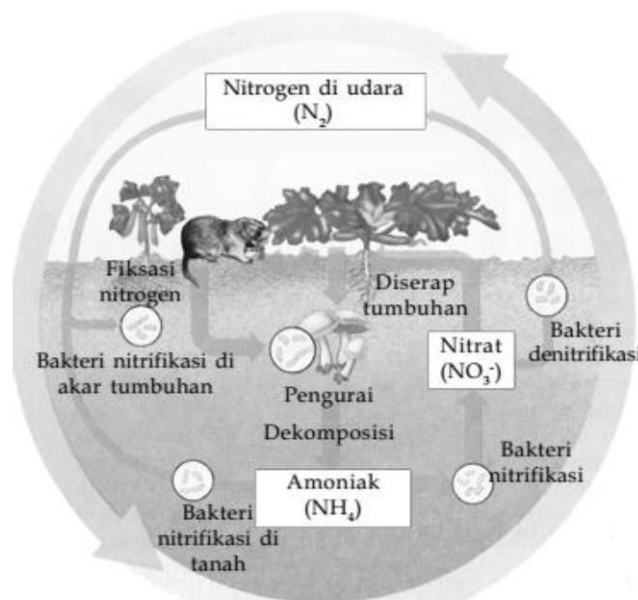
Gas karbon dioksida hanya sebagian kecil (0,036 persen) dari volume atmosfer. Gas karbon mempunyai kemampuan menetap, bila terjadi perubahan kecil, maka gas karbon mampu mengubah suhu lingkungan. Manusia mulai membakar sejumlah besar bahan bakar fosil di sekitar tahun 1850, penggunaan bahan bakar tersebut dipercepat setelah penemuan mobil.

Pada akhir abad kedua puluh, antara 5 sampai 6 miliar ton karbon dilepaskan ke atmosfer setiap tahun dari pembakaran karbon fosil. Beberapa karbon dilepaskan kembali ke bumi melalui karbon biologis menahan panas dari bumi, karbon dioksida bertindak seperti termostat, dan perubahan kecil gas ini secara signifikan mengubah suhu lingkungan.

Beberapa karbon dilepaskan kembali ke bumi melalui fiksasi karbon secara biologis, dengan kemungkinan peningkatan biomassa pohon tanah atau tanaman lain. Dalam skala besar deforestasi berpotensi menghilangkan pelepasan karbon yang berarti bahwa kadar karbon dioksida di atmosfer dikendalikan secara alami.

c. Daur Nitrogen

Nitrogen merupakan elemen penting bagi tubuh karena merupakan pembentuk protein dan asam nukleat. Tujuh puluh delapan persen nitrogen berada di atmosfer namun secara biologis tidak aktif. Hanya sebagian organisme, seperti bakteri dan Cyanobacteria yang dapat menggunakan nitrogen bebas di udara. Bakteri, seperti *Azotobacter sp.* mengubah nitrogen di atmosfer menjadi amonia (NH_3). Amonia diubah menjadi senyawa ion nitrit (NO_2) oleh bakteri tanah disebut bakteri nitrit, kemudian diubah lagi menjadi ion nitrat (NO_3).



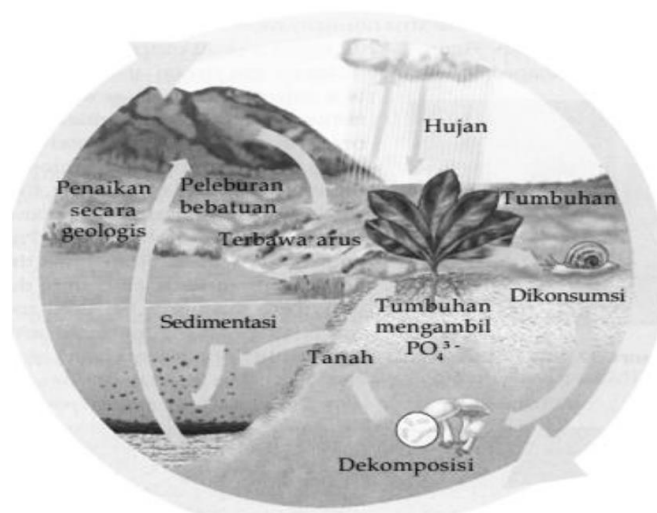
Sumber : Campbell, 2006

Gambar 2.32. Daur nitrogen

Tumbuhan menyerap senyawa ion nitrat untuk diubah menjadi molekul organik, seperti nukleotida dan asam amino. Jika tanaman dimakan hewan atau manusia, asam amino akan dimanfaatkan di dalam tubuh. Sebagian asam amino akan dikeluarkan dalam bentuk amino sebagai sisa katabolisme. Setelah hewan dan tumbuhan mati, nitrat diubah menjadi amino lalu menjadi nitrogen bebas oleh bakteri denitrifikasi, seperti *Nitrosomonas* dan *Nitrosococcus*.

d. Daur Fosfor

Makhluk hidup memerlukan fosfor sebagai pembentuk asam nukleat, fosfolipid, dan ATP, serta penyusun tulang dan gigi (pada hewan tingkat tinggi). Di alam, fosfat berada dalam dua bentuk, yaitu senyawa fosfor organik pada makhluk hidup dan senyawa fosfat anorganik (PO_4^{3-}) pada air dan tanah. Fosfat yang terkandung di bebatuan terkikis oleh air hujan dan mengendap di tanah. Tumbuhan menggunakan dan membentuknya menjadi senyawa organik. Fosfat tersebut kembali ke tanah melalui ekskresi dan aktivitas dekomposer.



Sumber : Campbell, 2006.

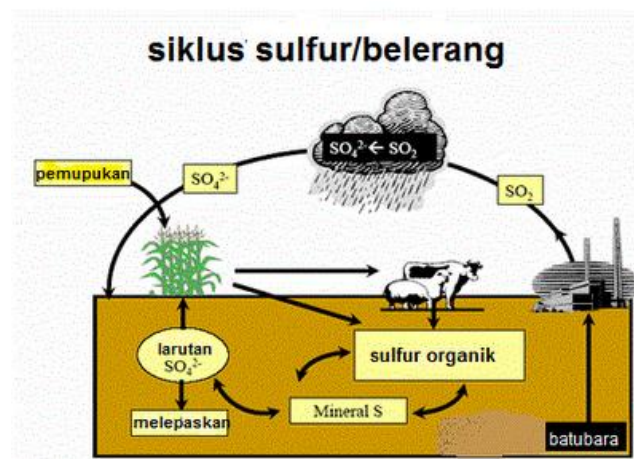
Gambar 2.33. Daur fosfor

e. Daur Sulfur

Di alam, sulfur hanya tersedia dalam bentuk sulfur anorganik. Sulfur akan direduksi menjadi sulfur dioksida (SO_2) atau hidrogen sulfida (H_2S) oleh bakteri desulfibrio dan desulfomaculum. Daur sulfur dimulai dari adanya proses pembakaran bahan bakar fosil atau karena adanya aktivitas gunung berapi. Terjadinya proses

pembakaran sulfur ini kemudian membuat gas sulfur naik ke atmosfer bersatu dengan uap air dan membentuk awan. Sulfur akan ikut turun bersama air hujan dan kondisi inilah yang dikenal dengan istilah hujan asam.

Air hujan asam akan masuk ke dalam tanah, dan sulfur akan diubah menjadi sulfat, zat yang sangat penting untuk metabolisme tumbuhan. Sulfat di alam hanya tersedia dalam bentuk anorganik (SO_4^{2-}). Sulfat ini mampu berpindah dari bumi atau alam ke tubuh tumbuhan melalui penyerapan akar.



Sumber: <http://schzimmyderry.blogspot.co.id>

Gambar 2.34. Daur sulfur

Di alam, sulfur terdapat dalam bentuk sulfat anorganik. Sulfur direduksi oleh bakteri menjadi sulfida dan bentuk sulfur dioksida atau hidrogen sulfida. Hidrogen sulfida pada umumnya dihasilkan dari penguraian bahan organik yang mati, seringkali makhluk hidup yang mati di perairan. Tumbuhan menyerap sulfur dalam bentuk sulfat (SO_4^{2-}). Proses perpindahan sulfat yang berkaitan dengan makhluk terjadi melalui proses rantai makanan. Makhluk hidup yang mati akan terurai komponen organiknya oleh bakteri. Beberapa jenis bakteri terlibat dalam daur sulfur, antara lain *Desulfomaculum* dan *Desulfobrio* yang akan mereduksi sulfat menjadi sulfida dalam bentuk hidrogen sulfida (H_2S). Hidrogen sulfida digunakan bakteri fotoautotrof anaerob seperti *Chromatium*. Bakteri ini mampu melepaskan sulfur dan oksigen. Sulfur dioksidasi menjadi sulfat oleh bakteri kemolitotrof seperti *Thiobacillus*.

RANGKUMAN

1. Ekologi adalah ilmu pengetahuan tentang ekosistem.

2. Faktor-faktor ekosistem yaitu biotik dan abiotik. Faktor biotik yaitu makhluk hidup, sedangkan faktor abiotik yaitu suhu, cuaca, iklim, kelembaban, tanah, air dan udara.
3. Individu adalah satu makhluk hidup, baik tumbuhan, hewan maupun manusia. Satu individu ada yang terdiri atas satu sel, ada pula yang banyak sel.
4. Populasi adalah kumpulan makhluk hidup yang sejenis/ satu spesies dalam suatu tempat dan waktu tertentu. Jumlah individu dalam suatu populasi berubah-ubah di pengaruhi oleh natalitas, mortalitas dan migrasi (emigrasi dan imigrasi).
5. Komunitas adalah kumpulan populasi-populasi yang saling berinteraksi.
6. Ekosistem adalah kumpulan komunitas dengan lingkungan fisiknya. Ekosistem biasa juga disebut bioma. Bioma darat (terrestrial) terdiri dari hutan basah, hutan gugur, taiga, tundra gurun dan padang rumput.

Uji Kompetensi

Soal I

1. Di dalam ekologi terdapat tingkatan - tingkatan organisasi kehidupan dari yang terendah sampai tertinggi, yaitu individu – populasi – komunitas – ekosistem dan biosfer. Coba Anda jelaskan pengertian dari masing - masing tingkatan organisasi kehidupan tersebut.
2. Sebutkan 3 macam adaptasi makhluk hidup terhadap lingkungannya.
3. Uraikan komponen - komponen ekosistem.
4. Apakah perbedaan individu, populasi, dan komunitas? Berilah contohnya.

Soal II.

Petunjuk : Pilihlah salah satu jawaban yang dianggap paling tepat.

1. Hubungan timbal balik antara faktor biotik dan abiotik disebut
 - a. ekologi
 - b. vegetasi
 - c. ekosistem
 - d. Adaptasi
 - e. suksesi
2. Ilmu yang mempelajari hubungan timbal antara komunitas dengan lingkungannya disebut....
 - a fisiologi

- b. etiologi
 - c. sitologi
 - d. Ekologi
 - e. Agronomi
3. Interaksi yang terjadi antara serangga, ayam, burung, dan rumput baik secara langsung maupun tidak langsung menunjukkan adanya interaksi
- a. antar individu
 - b. antarakomunitas
 - c. antarpopulasi
 - d. jenis biotik dan abiotik
 - e. antar spesies
4. Seekor belalang hijau menempel pada dahan sehingga belalang terhindar dari serangan seekor burung. Adaptasi pada belalang dalam meniru warna dan bentuk daun disebut adaptasi
- a. fisiologi
 - b. mimikri
 - c. morfologi
 - d. fungsi alat – alat
 - e. tingkah laku
5. Contoh ekosistem buatan adalah
- a. hutan hujan tropis
 - b. perkebunan kelapa sawit
 - c. kepulauan
 - d. tundra
 - e. savana
6. Hubungan yang terjadi antara lembu dan kambing yang hidup bersama pada lapangan rumput menunjukkan adanya simbiosis yang tergolong
- a. mutualisme
 - b . kompetisi
 - c. komensalisme
 - d. antibiosa
 - e. predasi
7. Berikut adalah faktor yang menyebabkan terjadinya dinamika populasi, yaitu . . .
- a. kelahiran

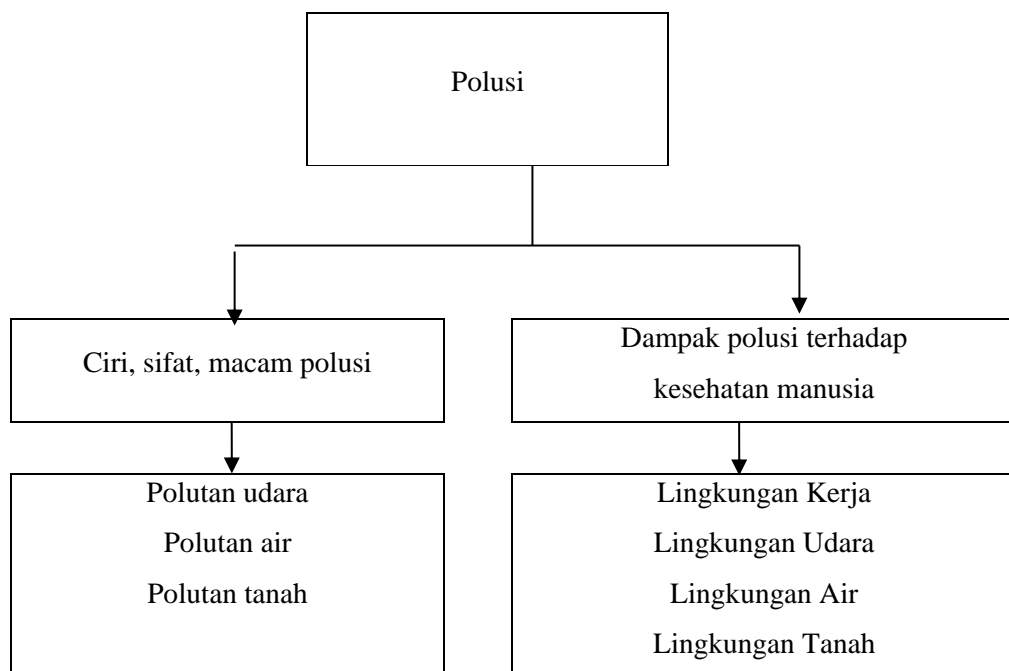
- b. kelahiran, kematian, dan migrasi
 - c. kematian
 - d. kelahiran dan kematian
 - e. migrasi
8. Sekelompok lembu yang hidup di suatu daerah, secara konsep ekologi disebut . . .
- a. komunitas
 - b . populasi
 - c. ekosistem
 - d. individu
 - e. spesies
9. Makhluk hidup dengan faktor abiotik membentuk kesatuan yang disebut
- a. habitat
 - b. komunitas
 - c. bioma
 - d. ekosistem
 - e. nisia
10. Komponen yang membangun suatu ekosistem terdiri dari
- a. tumbuhan, tanah, hewan, dan air
 - b. udara, tanah, serta komponen abiotik lainnya
 - c. komponen biotik, produsen, air, dan tanah
 - d. tumbuhan, pengurai, dan komponen biotik
 - e. hewan, tumbuhan, dan komponen abiotik

BAB 3

POLUSI

Setelah mempelajari materi bab ini, kalian diharapkan dapat memahami tentang berbagai macam limbah dikaitkan dengan aktivitas (tumbuhan, hewan dan manusia) dan cara pengelolaannya, mampu mengidentifikasi macam-macam limbah, mampu mengidentifikasi karakteristik limbah, dan mampu mengidentifikasi cara pengelolaan limbah.

PETA KONSEP



A. Ciri, Sifat, dan Macam Polusi

1. Ciri Polutan

Pencemaran lingkungan terjadi akibat kegiatan manusia. Pencemaran lingkungan sulit dihindari karena dalam kehidupannya manusia selalu mempunyai kegiatan. Tindakan dalam mencegah polusi yang dapat dilakukan adalah mengurangi pencemaran, mengendalikan pencemaran, dan meningkatkan kesadaran dan kepedulian masyarakat terhadap lingkungannya agar tidak mencemari lingkungan.

Zat atau bahan yang dapat mengakibatkan pencemaran terhadap lingkungan disebut polutan. Jadi, polutan disebut juga sebagai zat pencemar. Syarat suatu zat disebut polutan bila keberadaannya dapat menyebabkan kerugian terhadap makhluk hidup. Contohnya, karbon dioksida dengan kadar 0,033% di udara berfaedah bagi tumbuhan, tetapi bila lebih tinggi dari 0,033% dapat memberikan efek merusak.

Suatu zat atau bahan dapat disebut sebagai zat pencemar atau polutan apabila zat atau bahan tersebut mengalami hal-hal sebagai berikut.

- Jumlahnya melebihi jumlah normal/ambang batas.
- Berada pada tempat yang tidak semestinya.
- Berada pada waktu yang tidak tepat.

2. Sifat Polutan

Berdasarkan sifatnya, polutan dapat dibedakan menjadi 2 (dua), yaitu:

- Polutan *biodegradable* adalah polutan yang dapat diuraikan oleh proses alam.
Contoh: kayu, kertas, bahan, sisa makanan, sampah, dedaunan, dan lain-lain.
- Polutan *non biodegradable* adalah polutan yang tidak dapat diuraikan oleh proses alam sehingga akan tetap berada pada lingkungan tersebut untuk jangka waktu yang sangat lama.
Contoh: gelas, kaleng, pestisida, residu radioaktif, dan logam.

Sifat polutan adalah :

- Merusak untuk sementara, tetapi bila telah bereaksi dengan zat lingkungan tidak merusak lagi.
- Merusak dalam waktu lama. Contohnya Pb tidak merusak bila konsentrasinya rendah. Akan tetapi dalam jangka waktu yang lama, Pb dapat terakumulasi dalam tubuh sampai tingkat yang merusak.

Berdasarkan wujudnya, polutan dapat dibedakan menjadi:

1. Polutan padat, misalnya botol plastik, kertas, kaleng, kaca, besi, logam.
2. Polutan cair, misalnya pestisida, detergen, tumpahan minyak.
3. Polutan gas, misalnya karbon monoksida, CFC, karbon dioksida, metana.

Berdasarkan karakter fisiknya, polusi udara dapat dilihat pada Tabel berikut ini.

Tabel 3.1 . Klasifikasi polutan udara berdasarkan karakter fisiknya

Klasifikasi	Sub klasifikasi	Pencemar
Partikulat	Solid	Debu, smoke, fumes, fly ash
	Liquid	Mist, spray
Gas		
Organik	Hidrokarbon	Hexana, benzena, etilena, metana, butana, butadiena
	Aldehid dan keton	Formaldehide, acetone
	Organik lain	Alkohol, chlorinated hydrocarbon
anorganik	Oksida karbon CO	CO, CO ₂
	Oksida sulfur	SO ₂ , SO ₃
	Oksida nitrogen	NO ₂ , NO, N ₂ O
	Anorganik lainnya	H ₂ S, HF, NH ₄

Sumber: <http://kuliah.ftsl.itb.ac.id/wp-content/uploads/2010/03/7-pengantar-pencemaran-udara.pdf>

B. Jenis Polutan

Beberapa jenis polutan yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan adalah

a. Polutan Udara

1. Hujan Asam

Polutan oksida sulfur dan nitrogen oleh cahaya matahari dan dalam kurun waktu tertentu diubah menjadi senyawa yang bereaksi dengan air di udara dan membentuk asam. Polutan ini disebut hujan asam mencakup salju, kabut, dan uap air, serta senyawa yang bereaksi di permukaan daun atau tanah. Senyawa yang bersifat masam dapat meracuni danau dan sungai, membunuh ikan dan binatang-binatang juga mengikis logam dan cat serta melarutkan bangunan batu.

2. Karbon dioksida (CO₂)

Karbon dioksida merupakan gas yang terbentuk akibat pembakaran sempurna bahan bakar yang kaya akan kandungan karbon, seperti batu bara atau minyak.

Karbon dioksida merupakan pencemar udara tak berwarna dan tak berasa dan merupakan salah satu jenis gas penyebab terjadinya efek rumah kaca. Gas CO₂ mampu memperangkap panas bumi seperti jendela-jendela kaca di sebuah rumah kaca.

3. Karbon monoksida (CO)

Ketika bahan bakar kaya karbon (seperti batu bara dan minyak) terbakar tak sempurna, hasilnya adalah gas tak berwarna dan tak berasa yang dikenal sebagai karbon monoksida. Dalam konsentrasi tinggi, karbon monoksida mampu membunuh ribuan orang. Karbon monoksida dengan konsentrasi lebih rendah ditemukan di perkotaan terpolusi, dapat memperparah penyakit angina yaitu suatu kondisi penyakit jantung dan menimbulkan penyakit-penyakit lain. Asap kendaraan bermotor merupakan penyebab sekitar 80 persen polusi karbon monoksida.

4. Hidrokarbon (HC)

Terdapat berbagai nama untuk polutan hidrokarbon, yaitu gas organik reaktif sampai senyawa organik yang mudah menguap. Nama-nama tersebut mengacu pada polutan yang terdapat dalam bensin yang tak terbakar, cairan pencuci kering, zat pelarut untuk industri, dan berbagai jenis kombinasi lain dari hidrogen dengan karbon. Banyak jenis hidrokarbon berbahaya, seperti benzena, suatu konstituen dari gasolin yang dapat menimbulkan leukemia. Jenis-jenis lain bereaksi dengan oksida-oksida nitrogen dalam cahaya matahari menimbulkan asap kabut atau ozon.

5. Timah (Pb)

Logam berwarna kelabu keperakan ini sangat dikenal oleh setiap orang yang pernah memasang pemberat tali pancing. Logam ini sangat beracun dalam setiap bentuknya dan sama sekali tidak memiliki nilai gizi apapun. Penggunaan timah secara ekstensif sebagai bahan pengawet anggur (minuman) di zaman Romawi Kuno mengakibatkan kemunduran mental yang meluas, merupakan salah satu faktor penyebab keruntuhan kerajaan tersebut. Timah digunakan di tempat-tempat peleburan bijih, pencemaran timah modern paling sering diakibatkan karena penggunaannya sebagai ethyl atau zat aditif gasolin lain.

6. Oksida-oksida Nitrogen (NO)

Jika batu bara, minyak, gas bahkan korek api terbakar di atmosfer, panasnya dapat memicu suatu reaksi kimia yang menyebabkan nitrogen dan oksigen bergabung

satu sama lain, membentuk berbagai polutan cokelat kemerahan yang disebut oksida nitrogen. Walaupun beberapa jenis oksida nitrogen ditimbulkan oleh nitrogen di dalam bahan bakar itu sendiri, namun sebagian besar bersifat termal. Gas ini menyebabkan kerusakan saluran pernapasan, terutama pada anak-anak. Oksida nitrogen juga dapat berubah menjadi partikel nitrat teramat kecil yang dapat mencapai bagian terdalam paru-paru. Jika tercampur dengan air, baik di udara maupun di paru-paru, nitrat ini membentuk asam.

7. Ozon (O_3)

Ozon merupakan salah satu bentuk oksigen. Senyawa oksigen yang melestarikan kehidupan paling lazim ditemukan adalah molekul dua atom yang menyusun sebanyak 20 persen udara sekitar. Di lapisan stratosfer tinggi, suatu lapisan senyawa oksigen tri-atom (ozon) menghambat radiasi ledakan termionuklir matahari yang mengalir menuju ke bumi. Ozon juga ditemukan dekat permukaan tanah, sebagian karena reaksi antara dua polutan yang umum, yaitu oksida nitrogen dan hidrokarbon. Sebagai polutan udara yang sangat berbahaya, ozon merupakan oksidan yang sangat kuat sehingga digunakan di banyak kota untuk mendesinfeksi pasokan air minum. Kumpulan polutan udara yang dijumpai di banyak kota disebut secara kolektif (dan salah satunya) sebagai ozon, karena zat itulah yang paling dominan dan paling mudah diukur.

8. Benda Partikulat (Particulate Molecule)

Asap dan jelaga disebut benda partikular, tetapi bentuk yang paling berbahaya dari benda padat ini adalah partikel-partikel amat kecil dan halus yang dapat menembus ke dalam paru-paru yang hanya dilindungi oleh dinding tipis setebal molekul. Partikel-partikel ini sering disebut sebagai PM 10 karena benda partikulat tersebut lebih kecil daripada 10 mikron, kebanyakan partikel halus itu berasal dari senyawa sulfur dan nitrogen yang dalam selang waktu beberapa jam atau beberapa hari berubah dari gas menjadi padat.

9. Sulfur dioksida (SO_2)

Sulfur dioksida terbentuk bila sulfur bubuk berwarna kuning yang terdapat di batu bara dan minyak terbakar. Sulfur dioksida adalah gas tidak terlihat, berbau amat tajam, dan menyerang sistem pernapasan manusia, serta dapat membunuh penderita asma. Setelah berjam-jam atau sehari-hari tercampur di udara, sulfur dioksida ini membentuk partikel amat halus yang disebut sulfat, yang dapat

menembus bagian terdalam dari paru-paru. Sulfat kemudian bereaksi dengan air di awan atau di dalam paru-paru untuk membentuk asam belerang, yang sering disebut hujan asam.

b. Polutan Air

Air adalah zat yang sangat penting karena sangat diperlukan oleh makhluk hidup, baik manusia, hewan, maupun tumbuhan. Keadaan air yang berpengaruh terhadap makhluk adalah suhu, kadar garam (salinitas), dan tingkat kesamaan (pH) air. Kualitas air yang terganggu ditandai dengan adanya perubahan bau (menyengat), rasa (asam), dan warnanya (hitam pekat).

Zat-zat pencemar (polutan) yang berada di air, yaitu :

- a. Logam berat dan senyawa kimia dari limbah pabrik yang dibuang ke sungai, kolam, dan perairan lainnya.
- b. Detergen, kaleng, plastik, sisa-sisa makanan, dan sebagainya dari limbah rumah tangga atau limbah domestik.
- c. Pestisida, pupuk buatan, dan sisa sampah pertanian dan kegiatan pertanian.
- d. Lumpur-lumpur hasil erosi dan tanah longsor.
- e. Zat asam dari hujan asam.
- f. Tumpahan minyak.

c. Polutan Tanah

Tanah adalah sebagai tempat makhluk hidup bagi organisme, sebagai hara dan air bagi tumbuhan. Pada tanah yang subur, proses-proses kehidupan tumbuhan, hewan, dan mikroba tanah dapat berlangsung dengan baik. Keadaan tanah yang memengaruhi makhluk hidup misalnya pH tanah, tekstur, kelembaban, dan kandungan unsur hara. Zat pencemar/polutan yang berada di tanah antara lain berasal dari limbah industri, limbah rumah tangga, hujan asam, dan tumpahan minyak. Benda-benda yang mencemari tanah berupa benda padat seperti kertas, plastik, aluminium, kaleng, botol, dan benda cair, seperti tumpahan minyak dan limbah cair pabrik.

Dengan mengetahui beberapa parameter yang ada pada daerah/kawasan penelitian, akan dapat diketahui apakah lingkungan itu sudah terkena pencemaran atau belum. Parameter-parameter yang merupakan indikator terjadinya pencemaran adalah sebagai berikut.

- a. Parameter kimia

Parameter kimia meliputi CO₂, pH, alkalinitas, fosfor, dan logam-logam berat.

b. Parameter biokimia

Parameter biokimia meliputi BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), yaitu jumlah oksigen yang terlarut dalam air. Cara pengukurannya adalah dengan menyimpan sampel air yang telah diketahui kandungan oksigennya selama 5 hari, kemudian kadar oksigennya diukur lagi. BOD digunakan untuk mengukur banyaknya pencemar organik. Menurut Menteri Kesehatan, kandungan oksigen dalam air minum atau BOD tidak boleh kurang dari 3 ppm.

c. Parameter fisik

Parameter fisik meliputi temperatur, warna, rasa, bau, kekeruhan, dan radioaktivitas.

d. Parameter biologi

Parameter biologi meliputi ada atau tidaknya mikroorganisme, misalnya, bakteri Coli, virus, bentos, dan plankton. Zat atau bahan yang dapat mengakibatkan pencemaran disebut polutan. Syarat-syarat suatu zat disebut polutan jika keberadaannya dapat menyebabkan kerugian terhadap makhluk hidup. Contohnya, karbon dioksida dengan kadar 0,033% di udara bermanfaat bagi tumbuhan, tetapi jika lebih tinggi dari 0,033% dapat memberikan efek merusak.

Tugas:

Kerjakan bersama di dalam kelompok :

1. Tuliskan sumber penyebab pencemaran atau polutan
2. Tuliskan jenis polutan udara, air, dan tanah

C. Pencemaran Lingkungan

1. Berdasarkan Tempat Terjadinya

Menurut tempat terjadinya, pencemaran dibedakan menjadi pencemaran udara, air, dan tanah.

a. **Pencemaran Udara**

Pencemaran udara disebabkan oleh asap buangan, misalnya gas CO₂ hasil pembakaran, SO, SO₂, CFC, CO, dan asap rokok.

Bahan pencemar

- **CO₂** Pencemaran udara yang paling menonjol adalah semakin meningkatnya kadar CO₂ di udara. Karbon dioksida itu berasal dari pabrik, mesin-mesin yang menggunakan bahan bakar fosil (batubara, minyak bumi), juga dari mobil, kapal, pesawat terbang, dan pembakaran kayu. Meningkatnya kadar CO₂ di udara tidak segera diubah menjadi oksigen oleh tumbuhan karena banyak pohon-pohon di hutan di seluruh dunia yang ditebangi. Sebagaimana diuraikan di atas, hal demikian dapat mengakibatkan efek rumah kaca.
- **CO** Di lingkungan rumah dapat pula terjadi pencemaran. Bila terjadi proses menghidupkan mesin mobil di dalam garasi tertutup dan pembakaran di mesin tidak sempurna, maka proses pembakaran itu menghasilkan gas CO (karbon monoksida) yang memenuhi ruangan. Hal ini dapat membahayakan orang yang ada di garasi tersebut. Selain itu, menghidupkan AC ketika tidur di dalam mobil dalam keadaan tertutup juga berbahaya. Bocoran gas CO dari knalpot akan masuk ke dalam mobil, sehingga sebagai penyebab kematian.
- **CFC** (*chloro fluoro carbon*)
Pencemaran udara yang berbahaya lainnya adalah gas khloro fluoro karbon (disingkat CFC). Gas CFC digunakan sebagai gas pengembang, karena tidak beraksi, tidak berbau, tidak berasa, dan tidak berbahaya. Gas ini dapat digunakan misalnya untuk mengembangkan busa (busa kursi), untuk AC (freon), pendingin pada almari es, dan penyemprot rambut (hair spray). Gas CFC yang membumbung tinggi dapat mencapai stratosfer terdapat lapisan gas ozon (O₃). Lapisan ozon ini merupakan pelindung bumi dari pengaruh cahaya ultraviolet. Radiasi cahaya ultraviolet mencapai permukaan bumi menyebabkan kematian organisme, tumbuhan menjadi kerdil, menimbulkan mutasi genetik, penyebab kanker kulit dan kanker retina mata. Jika gas CFC mencapai ozon, akan terjadi reaksi antara CFC dan ozon, sehingga lapisan ozon tersebut “berlubang” yang disebut sebagai “lubang” ozon.

Menurut pengamatan melalui pesawat luar angkasa, lubang ozon di Kutub Selatan semakin lebar. Saat ini luasnya telah melebihi tiga kali luas benua Eropa.

- **SO, SO₂**

Gas belerang oksida (SO, SO₂) di udara juga dihasilkan oleh pembakaran fosil (minyak, batubara). Gas tersebut dapat beraksi dengan gas nitrogen oksida dan air hujan, yang menyebabkan air hujan menjadi asam, maka terjadilah hujan asam. Hujan asam mengakibatkan tumbuhan dan hewan tanah mati. Produksi pertanian merosot. Besi dan logam mudah berkarat. Bangunan-bangunan kuno, seperti candi, menjadi cepat aus dan rusak. Demikian pula bangunan gedung dan jembatan.

- **Asap Rokok**

Polutan udara lain yang berbahaya bagi kesehatan adalah asap rokok. Asap rokok mengandung berbagai bahan pencemar yang dapat menyebabkan batuk kronis, kanker paru-paru, mempengaruhi janin dalam kandungan, dan berbagai gangguan kesehatan lainnya. Perokok dapat di bedakan menjadi dua, yaitu perokok aktif dan perokok pasif. Perokok aktif adalah mereka yang merokok. Perokok pasif adalah orang yang tidak merokok tetapi menghirup asap rokok di suatu ruangan. Menurut penelitian, perokok pasif memiliki risiko yang lebih besar di bandingkan perokok aktif. Jadi, merokok di dalam ruangan bersama orang lain yang tidak merokok dapat mengganggu kesehatan orang lain.

Akibat yang ditimbulkan oleh pencemaran udara antara lain :

- 1). Terganggunya kesehatan manusia, seperti batuk dan penyakit pernapasan (bronkhitis, emfisema, dan kemungkinan kanker paru-paru).
- 2). Rusaknya bangunan karena pelapukan, korosi pada logam, dan memudarnya warna cat.
- 3). Terganggunya pertumbuhan tanaman, seperti menguningnya daun atau kerdilnya tanaman akibat konsentrasi SO₂ yang tinggi atau gas yang bersifat asam. Adanya peristiwa efek rumah kaca (*green house effect*) yang dapat menaikkan suhu udara

- secara global serta dapat mengubah pola iklim bumi dan mencairkan es di kutub. Jika es meleleh, permukaan laut akan naik sehingga mempengaruhi keseimbangan ekologi.
- 4). Terjadinya hujan asam yang disebabkan oleh pencemaran oksida nitrogen.

2. Pencemaran Air

Pencemaran air adalah peristiwa masuknya zat, energi, unsur, atau komponen lainnya ke dalam air sehingga menyebabkan kualitas air terganggu. Kualitas air yang terganggu ditandai dengan perubahan bau, rasa, dan warna. Ditinjau dari asal polutan dan sumber pencemarannya, pencemaran air dapat dibedakan :

1. Limbah Pertanian

Limbah pertanian dapat mengandung polutan insektisida atau pupuk organik. Insektisida dapat mematikan biota sungai. Jika biota sungai tidak mati kemudian dimakan hewan atau manusia, maka orang yang memakannya akan keracunan. Untuk mencegahnya, upayakan agar memilih insektisida yang berspektrum sempit (khusus membunuh hewan sasaran) serta bersifat biodegradabel (dapat terurai oleh mikroba) dan melakukan penyemprotan sesuai dengan aturan. Jangan membuang sisa obat ke sungai. Pupuk organik yang larut dalam air dapat menyuburkan lingkungan air (eutrofikasi). Ganggang dan tumbuhan air mampu tumbuh subur akibat air yang kaya nutrisi. Hal yang demikian akan mengancam kelestarian bendungan, bendungan akan cepat dangkal dan biota air akan mati karenanya.

2. Limbah Rumah Tangga

Limbah rumah tangga cair merupakan sumber pencemaran air. Dari limbah rumah tangga cair dapat dijumpai berbagai bahan organik (misal sisa sayur, ikan, nasi, minyak, lemak, air buangan manusia) yang terbawa air selokan/parit, kemudian ikut aliran sungai. Adapula bahan-bahan anorganik seperti plastik, aluminium, dan botol yang hanyut terbawa arus air. Sampah yang bertimbun dapat menyumbat saluran air, dan mengakibatkan banjir. Bahan pencemar lain dari limbah rumah tangga adalah pencemar biologis berupa bibit penyakit, bakteri, dan jamur. Bahan organik yang larut dalam air akan mengalami penguraian dan pembusukan. Akibatnya kadar oksigen dalam air turun drastis sehingga biota air akan mati. Jika pencemaran bahan organik meningkat, kita dapat menemui cacing Tubifex berwarna kemerahan bergerombol. Cacing ini merupakan petunjuk biologis (bioindikator) parahnya pencemaran oleh bahan organik dari limbah pemukiman. Di kota-kota, air selokan berwarna kehitaman dan mengeluarkan bau yang

menyengat. Di dalam air selokan yang demikian tidak ada organisme hidup kecuali bakteri dan jamur. Dibandingkan dengan limbah industri, limbah rumah tangga di daerah perkotaan di Indonesia mencapai 60% dari seluruh limbah yang ada.

3. Limbah Industri

Ada sebagian industri yang membuang limbahnya ke air. Macam polutan yang dihasilkan tergantung pada jenis industri, dapat berupa polutan organik (berbau busuk), polutan anorganik (berbau, berwarna), atau mungkin berupa polutan yang mengandung asam belerang (berbau busuk), atau berupa suhu (air menjadi panas). Pemerintah menetapkan tata aturan untuk mengendalikan pencemara air oleh limbah industri, misalnya, limbah industri harus diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke sungai agar tidak terjadi pencemaran. Dilaut, sering terjadi kebocoran tangker minyak karena bertabrakan dengan kapal lain. Minyak yang ada di dalam kapal tumpah menggenangi lautan dalam jarak ratusan kilometer. Ikan, terumbu karang, burung laut, dan hewan-hewan laut banyak yang mati karenanya. Untuk mengatasinya, polutan dibatasi dengan pipa mengapung agar tidak tersebar, kemudian permukaan polutan ditaburi dengan zat yang dapat menguraikan minyak.

4. Penangkapan Ikan Menggunakan racun

Sebagian penduduk dan nelayan ada yang menggunakan tuba (racun dari tumbuhan atau potas (racun) untuk menangkap ikan. Racun tersebut tidak hanya mematikan hewan-hewan dewasa, tetapi juga hewan-hewan yang masih kecil dan juga semua biota air. Dengan demikian, racun yang disebarkan akan memusnahkan jenis makhluk hidup yang ada di dalamnya. Kegiatan penangkapan ikan dengan cara tersebut mengakibatkan pencemaran di lingkungan perairan dan menurunkan sumber daya perairan.

Akibat yang ditimbulkan oleh pencemaran air antara lain:

- 1). Terganggunya kehidupan organisme air karena berkurangnya kandungan oksigen.
- 2). Terjadinya ledakan populasi ganggang dan tumbuhan air (eutrofikasi, dan
- 3). Pendangkalan Dasar perairan.
- 4). Punahnya biota air, misalnya ikan, yuyu, udang, dan serangga air.
- 5). Munculnya banjir akibat got tersumbat sampah.
- 6). Menjalarnya wabah muntaber.

3. Pencemaran tanah

Pencemaran tanah dapat diakibatkan oleh sampah-sampah rumah tangga, pasar, industri, kegiatan pertanian, dan peternakan. Sampah dapat dihancurkan oleh jasad-jasad renik menjadi mineral, gas, dan air, sehingga terbentuklah humus. Sampah organik misalnya dedaunan, jaringan hewan, kertas, dan kulit. Sampah-sampah tersebut tergolong sampah yang mudah terurai. Sedangkan sampah anorganik seperti besi, aluminium, kaca, dan bahan sintetik seperti plastik, sulit atau tidak dapat diuraikan. Bahan pencemar itu akan tetap utuh hingga 300 tahun yang akan datang. Bungkus plastik yang kita buang ke lingkungan akan tetap ada dan mungkin akan ditemukan oleh anak cucu kita setelah ratusan tahun kemudian.

Sebaiknya, sampah yang akan dibuang dipisahkan menjadi dua wadah. Pertama adalah sampah yang terurai, dan dapat dibuang ke tempat pembuangan sampah atau dapat dijadikan kompos. Jika pembuatan kompos dipadukan dengan pemeliharaan cacing tanah, maka akan dapat diperoleh hasil yang baik. Cacing tanah dapat dijual untuk pakan ternak, sedangkan tanah kompos dapat dijual untuk pupuk.

Proses ini merupakan proses pendaurulangan (*recycle*). Kedua adalah sampah yang tak terurai, dapat dimanfaatkan ulang (penanggungan = *reuse*). Misalnya, kaleng bekas kue digunakan lagi untuk wadah makanan, botol selai bekas digunakan untuk tempat bumbu, dan botol bekas sirup digunakan untuk menyimpan air minum.

Baik pendaurulangan maupun penanggungan dapat mencegah terjadinya pencemaran lingkungan. Keuntungannya, beban lingkungan menjadi berkurang. Kita tahu bahwa pencemaran tidak mungkin dihilangkan, kita hanya dapat mencegah dampak negatifnya atau mengendalikannya.

Selain penanggungan dan pendaurulangan, masih ada lagi upaya untuk mencegah pencemaran, yaitu melakukan pengurangan bahan/ penghematan (*reduce*), dan melakukan pemeliharaan (*repair*). Di negara maju, slogan-slogan *reuse*, *reduce*, dan *repair*, banyak diedarkan ke masyarakat.

Akibat yang ditimbulkan oleh pencemaran tanah antara lain

- a. Terganggunya kehidupan organisme (terutama mikroorganisme dalam tanah).
- b. Berubahnya sifat kimia atau sifat fisika tanah sehingga tidak baik untuk pertumbuhan tanaman,
- c. Mengubah dan mempengaruhi keseimbangan ekologi.

4. Berdasarkan Macam Bahan Pencemaran

Menurut macam bahan pencemarnya, pencemaran dibedakan menjadi berikut ini,

a. Pencemaran kimiawi

Pencemaran kimiawi adalah pencemaran yang ditimbulkan akibat bahan kimia atau reaksi kimia. Sumber pencemaran kimiawi adalah CO₂, logam berat (Hg, Pb, As, Cd, Cr, Ni,), bahan radioaktif, pestisida, detergen, minyak, pupuk anorganik.

b. Pencemaran Biologi

Pencemaran biologi merupakan pencemaran yang terjadi akibat kelimpahan agen biologi

Sumber pencemaran biologi adalah

- *Escherichia coli*
- *Entamoeba coli*
- *Salmonella thyposa*

c. Pencemaran Fisik

Sumber pencemaran fisik antara lain logam, kaleng, botol, kaca, plastik, dan karet.

d. Pencemaran Suara (kebisingan)

Di daerah dekat industri maupun pabrik sering terjadi kebisingan. Pencemaran suara disebabkan oleh masuknya bunyi gaduh diatas 50 desibel (disingkat dB, merupakan ukuran tingkat kebisingan). Bunyi tersebut mengganggu kesehatan dan ketenangan manusia. Kebisingan menyebabkan penduduk menjadi tuli, dapat mengakibatkan sulit tidur, gangguan kejiwaan, dan dapat pula menimbulkan penyakit jantung, gangguan janin dalam kandungan, dan stres.

5. Berdasarkan Tingkat Pencemaran

Menurut tingkat pencemarannya, pencemaran dibedakan sebagai berikut :

a. Pencemaran ringan, yaitu pencemaran yang dimulai menimbulkan gangguan ekosistem

Contohnya pencemaran gas kendaraan bermotor.

b. Pencemaran kronis, yaitu pencemaran yang mengakibatkan penyakit kronis.

Contohnya pencemaran Minamata, Jepang.

c. Pencemaran akut, yaitu pencemaran yang dapat mematikan seketika.

Contohnya pencemaran gas CO dari knalpot yang mematikan orang di dalam mobil tertutup, dan pencemaran radioaktif.

D. Parameter Pencemaran Lingkungan

Untuk mengukur tingkat pencemaran di suatu tempat digunakan parameter pencemaran. Parameter pencemaran digunakan sebagai indikator (petunjuk) terjadinya pencemaran dan tingkat pencemaran yang telah terjadi. Parameter pencemaran meliputi parameter fisik, parameter kimia, dan parameter biologi.

1. Parameter Fisik

Parameter fisik meliputi pengukuran tentang warna, rasa, bau, suhu, kekeruhan, dan radioaktivitas.

Parameter Warna: Air yang tercemar zat warna mengakibatkan air tidak jernih.

Parameter Rasa: Air yang tercemar mengakibatkan rasa air berubah. Bila di udara banyak mengandung polutan Nox atau Sox maka hujan yang jatuh dan digunakan untuk air minum akan berasa asam.

Parameter Bau: bau udara maupun air yang tercemar bisa tercium apabila tercemari

Parameter Suhu: suhu udara dan air dapat diukur dengan termometer. Suhu di atas normal sudah harus diwaspadai

Parameter Kekeruhan: kekeruhan yang terjadi pada air yang terkena pulusi dapat diukur kadarnya

2. Parameter Kimia

Parameter kimia dilakukan untuk mengetahui kadar CO₂, pH, keasaman, kadar logam, dan logam berat. Sebagai contoh berikut disajikan pengukuran pH air, kadar CO₂, dan oksigen terlarut.

a. Pengukuran pH air

Air sungai dalam kondisi alami yang belum tercemar memiliki rentangan pH 6,5 – 8,5. Oleh karena pencemaran, pH air dapat menjadi lebih rendah dari 6,5 atau lebih tinggi dari 8,5. Bahan-bahan organik biasanya menyebabkan kondisi air menjadi lebih asam.

Kapur menyebabkan kondisi air menjadi alkali (basa). Jadi, perubahan pH air tergantung kepada macam bahan pencemarnya. Perubahan nilai pH mempunyai arti penting bagi kehidupan air. Nilai pH yang rendah (sangat asam) atau tinggi (sangat basa) tidak cocok untuk kehidupan kebanyakan organisme. Untuk setiap perubahan satu unit skala pH (dari 7 ke 6 atau dari 5 ke 4) dikatakan keasaman naik 10 kali. Jika terjadi sebaliknya, keasaman turun 10 kali. Keasaman air dapat diukur dengan sederhana, yaitu dengan mencelupkan kertas lakmus ke dalam air untuk melihat perubahan warnanya.

b. Pengukuran Kadar Oksigen Terlarut

Kadar oksigen terlarut dalam air yang alami berkisar 5 – 7 ppm (part per million atau satu per sejuta; 1 ml oksigen yang larut dalam 1 liter air dikatakan memiliki kadar oksigen 1 ppm). Penurunan kadar oksigen terlarut dapat disebabkan oleh tiga hal :

1. Proses oksidasi (pembongkaran) bahan-bahan organik.
2. Proses reduksi oleh zat-zat yang dihasilkan bakteri anaerob dari dasar perairan.
3. Proses pernapasan organisme yang hidup di dalam air, terutama pada malam hari.

Pencemaran air (terutama yang disebabkan oleh bahan pencemar organik) dapat mengurangi persediaan oksigen terlarut. Hal ini akan mengancam kehidupan organisme yang hidup di dalam air. Semakin tercemar, kadar oksigen terlarut semakin mengecil. Untuk dapat mengukur kadar oksigen terlarut, dilakukan dengan metode Winkler. Parameter kimia yang dilakukan melalui kegiatan pernapasan jasad renik dikenal sebagai parameter biokimia, contohnya adalah pengukuran BOD dan COD.

Pengukuran BOD

Kebutuhan oksigen (*Oxygen demand*) merupakan salah satu parameter penting dalam analisis kualitas air. Nilai DO biasanya diukur dalam bentuk konsentrasi. DO menunjukkan jumlah oksigen (O_2) yang tersedia dalam suatu badan air. Semakin besar nilai DO pada air, mengindikasikan air tersebut memiliki kualitas yang bagus. Sebaliknya jika nilai DO rendah, dapat diketahui bahwa air tersebut telah tercemar.

Bahan pencemar organik (daun, bangkai, karbohidrat, protein) dapat diuraikan oleh bakteri air. Bakteri memerlukan oksigen untuk mengoksidasikan zat-zat organik sehingga kadar oksigen terlarut di air semakin berkurang. Semakin banyak bahan pencemar organik yang masuk ke perairan, semakin banyak oksigen yang digunakan. Hal ini mengakibatkan semakin kecil kadar oksigen terlarut.

BOD ditulis secara lengkap BOD₂₀₅ atau BOD₅, yang artinya telah tersimpan selama 5 hari. Oksigen terlarut awal diibaratkan kadar oksigen maksimal yang dapat larut di dalam air. Setelah disimpan selama 5 hari, diperkirakan bakteri telah berbiak dan menggunakan oksigen terlarut untuk oksidasi. Sisa oksigen terlarut yang ada diukur kembali. BOD atau konsumsi oksigen dapat diketahui dengan mengurangi kadar oksigen awal.

Banyaknya oksigen terlarut yang diperlukan bakteri untuk kegiatan oksidasi bahan organik disebut sebagai *biological oxigen demand* (BOD) atau dalam bahasa Indonesia disebut sebagai konsumsi oksigen biologis (KOB). Besaran BOD ditetapkan dengan urutan sebagai berikut:

1. Pengambilan sampel air menggunakan botol ukuran 125 ml tanpa boleh ada udara yang masuk, tambah 1 ml MnSO_4 dan 1 ml NaOH dalam KI, tutup botol rapat-rapat
2. Kocok botol hingga larutan homogen dan terjadi endapan
3. Setelah itu 1 ml H_2SO_4 pekat kemudian tutup botol
4. Kocok hingga endapan hilang dan larutan berwarna kuning.
5. Ambil 50 ml larutan kuning, masukkan ke erlen meyer 250 ml
6. Titrasi dengan 0.025 N $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ hingga larutan berwarna muda
7. Tambah amilum 2 tetes, bila muncul warna biru, lanjutkan titrasi dengan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0.025 N hingga bening

Untuk pengukuran BOD, maka pengambilan sampel 2 botol, botol pertama disimpan selama 5 hari (untuk mengukur BOD 5) dan botol kedua digunakan untuk mengukur oksigen (DO) saat itu.

Perhitungan :

$$\text{DO (mg/l)} = \frac{\text{ml titran} \times \text{N titran} \times 8 \times 1000}{\text{ml sampel}}$$

BOD = oksigen terlarut awal – oksigen terlarut setelah masa simpan sampel 5 hari (suhu 20°C)

Tugas :

Bersama kelompok kalian, ambil air di selokan depan sekolah untuk 2 botol masing-masing 125 ml.

Botol pertama simpan dalam ruang bersuhu 20°C selama 5 hari. Botol kedua lakukan pengukuran DO seperti petunjuk di atas.

Bahas bersama kelompokmu hasil BOD 5 yang kalian dapatkan dan buat laporannya

3. Parameter Biologi

Di alam terdapat hewan, tumbuhan, dan mikroorganisme yang peka dan ada pula yang tahan terhadap kondisi lingkungan tertentu. Organisme yang peka akan mati karena pencemaran, sedangkan organisme yang tahan akan tetap hidup. Siput air dan *Planaria* merupakan contoh hewan yang peka pencemaran. Sungai yang mengandung siput air dan planaria menunjukkan sungai tersebut belum mengalami pencemaran. Sebaliknya, cacing *Tubifex* (cacing merah) merupakan cacing yang tahan hidup dan berkembang baik di lingkungan yang kaya bahan organik, meskipun spesies hewan yang lain telah mati. Ini berarti keberadaan cacing tersebut dapat dijadikan indikator adanya pencemaran zat organik. Organisme yang dapat dijadikan petunjuk pencemaran dikenal sebagai indikator

biologis. Indikator biologis terkadang lebih dapat dipercaya daripada indikator kimia. Pabrik yang membuang limbah ke sungai dapat mengatur pembuangan limbahnya ketika akan dikontrol oleh pihak yang berwenang.

Pengukuran secara kimia pada limbah pabrik selalu menunjukkan tidak adanya pencemaran. Tetapi tidak demikian dengan makhluk hidup yang menghuni ekosistem air secara terus menerus. Di sungai tersebut terdapat hewan-hewan, mikroorganisme, bentos, mikroinvertebrata, ganggang, yang dapat dijadikan indikator biologis.

E. Pencemaran Udara, Air, dan Tanah

1. Pencemaran Udara

Udara adalah salah satu elemen penunjang kehidupan di muka bumi. Tanpa udara, manusia dan hewan tidak bisa bernafas, tumbuhan pun tidak bisa melakukan fotosintesis. Pentingnya peran udara bagi kehidupan membuat kita harus menjaganya agar tidak tercemar. Pencemaran udara bisa berdampak pada kelangsungan hidup di ekosistem. Oleh karena itu, pengenalan seputar penyebab, dampak, dan penanggulangan pencemaran udara mutlak perlu dilakukan agar kelangsungan generasi penerus kita di masa yang akan datang dapat tetap terjaga dan lestari.

Pengertian Pencemaran Udara

Seperti dikutip dari Wikipedia, pengertian pencemaran udara adalah kehadiran substansi fisik, biologi, atau kimia di lapisan udara bumi dalam jumlah yang bisa membahayakan kesehatan seluruh komponen biotik penyusun ekosistem, mengganggu keindahan dan kenyamanan, dan merusak properti.



Sumber: <http://www.ebiologi.com>

Gambar 3.1. Pencemaran udara

Pencemaran udara timbul akibat adanya sumber-sumber pencemaran, baik yang bersifat alami ataupun karena kegiatan manusia. Beberapa pengertian gangguan fisik seperti pencemaran suara, pencemaran panas, pencemaran radiasi dan pencemaran cahaya dianggap sebagai bagian dari pencemaran udara. Adapun karena sifat alami udara yang bisa menyebar tanpa batasan ruang, membuat dampak pencemaran udara bisa bersifat lokal, regional, maupun global.

Penyebab Pencemaran Udara

Secara alami, udara di atmosfer bumi merupakan gabungan dari gas nitrogen (78%), gas oksigen (21%), gas argon (sekitar 1 %), CO₂ (0,0035 %) dan uap air (sekitar 0,01 %). Komposisi komponen gas penyusun atmosfer ini bisa mengalami perubahan akibat polusi udara. Selain itu, beberapa penyebab pencemaran udara juga bisa dijelaskan oleh daftar berikut:

- Asap cerobong pabrik dan knalpot kendaraan bermotor, asap rokok, pembakaran, atau kebakaran hutan, membebaskan CO₂ dan CO ke udara.
- Asap vulkanik hasil dari aktivitas gunung berapi menebarkan partikel-partikel debu ke udara.
- Bahan radioaktif dari percobaan nuklir atau bom atom membebaskan partikel-partikel debu radioaktif ke udara.
- Asap pembakaran batu bara dari pembangkit listrik membebaskan partikel nitrogen oksida (NO₂), dan oksida sulfur (SO₂).
- Chloro Fluoro Carbon (CFC) dari kebocoran mesin pendingin, kulkas, dan AC mobil.

Dampak Pencemaran Udara

Kehidupan manusia bergantung pada sistem-sistem dan proses-proses biologi untuk keberlangsungan, kesehatan, kesejahteraan serta kesenangan hidupnya. Keanekaragaman hayati merupakan dasar bagi berbagai layanan ekosistem yang menjaga agar lingkungan alami tetap hidup, mulai dari menjaga daerah aliran sungai yang menyediakan air bersih, hingga polinasi dan siklus-siklus nutrisi, serta menjaga kebersihan udara dan gas di atmosfer.

Pencemaran udara menimbulkan banyak dampak merugikan. Dampak pencemaran udara tersebut misalnya :

- Menurunkan kualitas udara untuk penafasan semua organisme, terutama manusia sehingga akan menurunkan derajat kesehatan masyarakat.
- Asap kebakaran hutan menyebabkan gangguan iritasi dan infeksi saluran pernapasan akut (ISPA).
- Menyebabkan terjadinya keracunan akibat pengikatan CO₂ hasil dari pencemaran udara.
- Menyebabkan kebocoran lapisan ozon dan mengganggu keseimbangan ekosistem akibat efek rumah kaca
- Meningkatkan potensi penyakit kanker kulit, mata, dan katarak.
- Menyebabkan hujan asam karena oksida belerang dan nitrogen oksida dari pembakaran batu bara ke udara bereaksi dengan uap air membentuk awan asam (asam sulfat, asam nitrat).

Pencegahan dan Penanggulangan

Setelah mengetahui penyebab pencemaran udara dan dampak yang ditimbulkannya, kita perlu untuk melakukan tindakan pencegahan dan penanggulangan pencemaran udara yang terjadi agar keberlangsungan kehidupan di muka bumi ini dapat tetap terjaga. Beberapa tindakan yang dapat dilakukan untuk mencegah dampak pencemaran udara tersebut misalnya,

- Dengan membuat jalur hijau berupa penanaman pohon-pohon di kota-kota besar agar CO₂ sebagai salah satu bahan pencemaran udara dapat terserap kembali ke bumi (fotosintesis dan nitrogen)
- Mengurangi penggunaan minyak bumi dan bahan bakar fosil pada industri, pembangkit listrik, dan rumah tangga untuk mengurangi jumlah limbah udara yang terlepas ke atmosfer.
- Memanfaatkan energi alternatif yang ramah lingkungan, seperti biogas, energi surya, atau energi panas bumi.
- Melakukan pengawasan lebih ketat di wilayah hutan yang rawan terbakar.
- Melarang warga membakar hutan saat melakukan *land clearing* lahan pertanian.
- Tidak melakukan percobaan nuklir secara masif untuk mengurangi pencemaran radioaktif.

Banyak orang mengatakan ” lebih baik mencegah dari pada mengatasi”, hal ini berlaku pula pada banjir genangan. Di bawah ini ada sejumlah langkah yang dapat kita lakukan untuk mencegah banjir genangan :

- Dalam merencanakan pembuatan/perbaikan jalan-jalan lingkungan, baik itu program pemerintah maupun swadaya masyarakat, sebaiknya memilih material jalan yang menyerap air, misalnya, penggunaan bahan dari paving blok (blok-blok adukan beton yang disusun dengan rongga-rongga resapan air di sela-selanya). Hal yang tidak kalah pentingnya adalah penataan saluran/drainase lingkungan yang pembuatannyapun harus bersamaan dengan pembuatan jalan tersebut.
- Apabila di halaman/pekarangan rumah kita masih terdapat ruang-ruang terbuka, buatlah sumur-sumur resapan air hujan sebanyak-banyaknya. Fungsi sumur resapan air ini untuk mempercepat air meresap ke dalam tanah. Dengan membuat sumur resapan air hujan tersebut, sebenarnya kita dapat memperoleh manfaat seperti berikut:
 - Persediaan air bersih dalam tanah di sekitar rumah kita cukup baik dan banyak
 - Tanah bekas galian sumur dapat dipergunakan untuk menimbun lahan-lahan yang rendah atau meninggikan lantai rumah.
 - Apabila air hujan tidak tertampung dalam selokan rumah/talang-talang rumah, air dapat dialirkan ke sumur-sumur resapan. Janganlah membuang sampah atau mengeluarkan air limbah rumah tangga (air bekas mandi, cucian dan sebagainya) ke dalam sumur resapan air hujan karena bisa mencemarkan kandungan air tanah.Khusus untuk buangan air limbah rumah tangga, buatlah sumur resapan tersendiri
- Apabila air banjir masuk ke dalam rumah mencapai ketinggian 20-50 cm, satu-satunya jalan adalah meninggikan lantai rumah kita di atas ambang permukaan air banjir
- Cara lain adalah membuat tanggul di depan pintu masuk rumah kita. Cara ini sudah umum dilakukan, hanya teknisnya sering kurang terencana secara mendetail.

Kasus *Global Warming* (Pemanasan Global) dan *Green house effect*

Global warming yaitu terjadinya peningkatan suhu di permukaan bumi akibat efek rumah kaca. Sinar matahari yang tidak terserap permukaan bumi akan dipantulkan kembali dari permukaan Bumi ke angkasa. Setelah dipantulkan kembali, sinar matahari berubah menjadi gelombang panjang yang berupa energi panas. Namun, sebagian dari energi panas tersebut tidak dapat menembus kembali atau lolos ke luar angkasa karena lapisan gas-gas atmosfer sudah terganggu komposisinya. Akibatnya energi panas yang seharusnya lepas ke angkasa menjadi terpancar kembali ke permukaan bumi, sehingga suhu bumi lebih dari

kondisi normal, inilah efek rumah kaca yang berlebihan. Suhu rata-rata permukaan bumi meningkat 0.74 ± 0.18 °C atau 1.33 ± 0.32 °F selama seratus tahun terakhir.

Pengertian Pemanasan Global

Pemanasan global (*global warming*) adalah suatu proses meningkatnya suhu rata-rata atmosfer, laut, dan daratan bumi yang disebabkan oleh peningkatan jumlah emisi gas rumah kaca di atmosfer. Pemanasan global akan diikuti dengan perubahan iklim, seperti meningkatnya curah hujan di beberapa belahan dunia sehingga menimbulkan banjir dan erosi. Sedangkan di belahan bumi lain akan mengalami musim kering yang berkepanjangan yang disebabkan oleh kenaikan suhu. Pemanasan global yang berakibat pada perubahan iklim disebabkan oleh aktivitas manusia, terutama yang berhubungan dengan penggunaan bahan bakar fosil (minyak bumi dan batu bara) serta kegiatan lain yang berhubungan dengan hutan, pertanian, dan peternakan. Aktivitas manusia dengan kegiatan-kegiatan tersebut secara langsung menyebabkan perubahan komposisi alami atmosfer, yaitu meningkatnya jumlah gas rumah kaca secara global.

Penyebab Pemanasan Global

Pemanasan global dapat disebabkan oleh efek rumah kaca, efek umpan balik, dan penggundulan hutan. Segala sumber energi yang terdapat di bumi berasal dari matahari. Sebagian energi tersebut berbentuk radiasi gelombang pendek, termasuk cahaya tampak. Ketika energi tiba dipermukaan bumi, ia berubah dari cahaya menjadi panas yang menghangatkan bumi. Penyebab pemanasan global juga dipengaruhi oleh berbagai proses umpan balik. Sebagai contoh adalah pada penguapan air. Pada kasus pemanasan akibat bertambahnya gas-gas rumah kaca seperti CO₂, pemanasan pada awalnya akan menyebabkan lebih banyaknya air yang menguap ke atmosfer. Maraknya kasus penggundulan hutan merupakan salah satu penyebab pemanasan global saat ini. Penggundulan hutan yang mengurangi penyerapan karbon oleh pohon, menyebabkan emisi karbon bertambah sebesar 20% dan mengubah iklim mikro lokal dan siklus hidrologis sehingga mempengaruhi kesuburan tanah.

Efek rumah kaca disebabkan karena naiknya konsentrasi gas karbondioksida (CO₂) dan gas-gas lainnya di atmosfer. Kenaikan konsentrasi gas CO₂ ini disebabkan oleh kenaikan pembakaran bahan bakar minyak (BBM), batu bara dan bahan bakar organik lainnya yang melampaui kemampuan tumbuhan-tumbuhan dan laut untuk mengabsorbsinya. Energi yang masuk ke bumi mengalami :

25% dipantulkan oleh awan atau partikel lain di atmosfer.

25% diserap awan.

45% diadsorpsi permukaan Bumi.

5% dipantulkan kembali oleh permukaan Bumi.



Sumber : <https://www.slideshare.net>

Gambar 3.2. Global warming akibat efek rumah kaca

Efek rumah kaca juga dapat disebabkan oleh beberapa hal yaitu :

- Kerusakan hutan (kebakaran hutan dan penebangan liar)
- Pemanfaatan pupuk, pembusukan sisa-sisa pertanian dan pembusukan kotoran ternak, dan pembakaran ladang berpindah
- Pemakaian AC yang berlebihan
- CFC yang banyak terdapat pada spray dan perfume
- Asap kendaraan bermotor
- Hasil buangan industri

Dampak Terjadinya Efek Rumah Kaca

Meningkatnya suhu permukaan bumi akan mengakibatkan adanya perubahan iklim yang sangat ekstrem di bumi. Hal ini dapat mengakibatkan terganggunya hutan dan ekosistem lainnya, sehingga mengurangi kemampuannya menyerap karbondioksida (CO_2) di atmosfer. Pemanasan global mengakibatkan mencairnya gunung-gunung es di daerah kutub yang dapat menimbulkan naiknya permukaan air laut. Efek rumah kaca juga dapat mengakibatkan meningkatnya suhu air laut sehingga air laut mengambang dan terjadi

kenaikan permukaan laut yang mengakibatkan negara kepulauan akan mendapatkan pengaruh yang sangat besar. Perubahan cuaca dan lautan juga dapat mengakibatkan munculnya dampak sosial dan politik, yaitu munculnya penyakit-penyakit yang berhubungan dengan panas, penyebaran penyakit melalui air. Temperatur yang panas menyebabkan gagal panen sehingga akan muncul kelaparan dan malnutrisi.

Menurut perhitungan simulasi, efek rumah kaca telah meningkatkan suhu rata-rata Bumi sampai dengan 1-5 °C. Bila kecenderungan peningkatan gas rumah kaca tetap seperti sekarang akan menyebabkan peningkatan pemanasan global antara 1.5-4.5 °C sekitar tahun 2030. Dengan meningkatnya konsentrasi gas CO₂ di atmosfer, maka akan semakin banyak gelombang panas yang dipantulkan dari permukaan bumi diserap atmosfer. Hal ini akan mengakibatkan suhu permukaan bumi semakin meningkat.

Dampak Pencemaran Udara terhadap Kesehatan

Substansi pencemar yang terdapat di udara dapat masuk ke dalam tubuh melalui sistem pernapasan. Jauhnya penetrasi zat pencemar ke dalam tubuh bergantung kepada jenis pencemar. Partikulat berukuran besar dapat tertahan di saluran pernapasan bagian atas, sedangkan partikulat berukuran kecil dan gas dapat mencapai paru-paru. Dari paru-paru, zat pencemar diserap oleh sistem peredaran darah dan menyebar ke seluruh tubuh. Dampak kesehatan yang paling umum dijumpai adalah ISPA (infeksi saluran pernapasan akut), termasuk di antaranya, asma, bronkitis, dan gangguan pernapasan lainnya..

Asap adalah hasil pembakaran bahan organik yang tidak sempurna. Pembakaran hutan, plastik, dan sampah organik akan menghasilkan asap yang berdampak langsung kepada fungsi mata, saluran pernapasan, dan aktivitas manusia.

Pada suhu tinggi, karbon monoksida terurai menjadi karbon monoksida dan oksigen. Gas ini berbahaya bagi kesehatan manusia. Gas ini mempunyai daya ikat terhadap sel darah merah lebih tinggi dibandingkan dengan daya ikat sel darah merah terhadap oksigen. Gas CO dapat menyebabkan sakit kepala dan pingsan.

Kadar CO₂ yang tinggi di atmosfer merupakan salah satu penyebab naiknya suhu di permukaan bumi secara global (dikenal dengan efek rumah kaca atau *green house effect*).

CFC bersifat sangat ringan sehingga mudah terangkat ke atmosfer yang lebih tinggi dan jika bertemu dengan ozon akan terjadi reaksi yang menyebabkan lapisan ozon akan menipis. Lapisan ozon yang tipis dapat mengancam kehidupan makhluk hidup di permukaan bumi.

Polutan SO_x mempunyai pengaruh terhadap manusia dan hewan pada konsentrasi jauh lebih tinggi daripada yang diperlukan untuk merusak tanaman. Kerusakan tanaman terjadi pada konsentrasi 0,5 ppm. Pengaruh utama polutan SO_x terhadap manusia adalah iritasi sistem pernapasan. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa iritasi tenggorokan terjadi pada konsentrasi SO₂ sebesar 5 ppm atau lebih. Oksida belerang atau sulfur oksida merupakan hasil pembakaran bahan bakar fosil juga dihasilkan dari letusan gunung berapi. Jika senyawa ini bertemu air akan bereaksi membentuk senyawa asam. Udara terdiri atas sekitar 80% volume nitrogen dan 20% volume oksigen. Pada suhu kamar, kedua gas ini hanya sedikit mempunyai kecenderungan untuk bereaksi satu sama lain. Pada suhu yang lebih tinggi, keduanya dapat bereaksi membentuk nitrit oksida dalam jumlah tinggi sehingga mengakibatkan polusi udara. NO yang dihasilkan oleh aktivitas alam tidak terlalu menjadi masalah karena tersebar merata sehingga jumlahnya kecil. NO yang menjadi masalah adalah polusi NO yang dihasilkan oleh kegiatan manusia karena jumlahnya akan meningkat hanya pada tempat-tempat tertentu. Konsentrasi NO_x di udara di daerah perkotaan dapat mencapai 0,5 ppm. Seperti halnya CO, emisi nitrogen oksida dipengaruhi oleh kepadatan penduduk karena sumber utama NO_x dari kegiatan manusia, seperti pembakaran yang kebanyakan berasal dari kendaraan produksi energi, dan pembuangan sampah. Sebagian besar emisi NO_x yang dihasilkan manusia berasal dari pembakaran arang, minyak, gas alam, dan bensin.

Cara Penanggulangan Pencemaran Udara

- Memasang filter pada cerobong asap pabrik.
- Menanam dan merawat tumbuhan di sekitar lingkungan kita. Berapa pun luas area kosong di rumah atau di tempat kerja kita, tanamlah dengan tumbuhan. Hal ini berguna untuk menyejukkan dan mengurangi jumlah polusi udara di sekitar kita. Jika lahan kosong benar-benar tidak ada, kita dapat memelihara tanaman dalam pot dan meletakkannya atau bisa juga menggantungnya di teras atau beranda rumah.
- Gunakan kendaraan bermotor seefisien mungkin.
- Gunakan transportasi umum. Jika tidak perlu sekali, simpan kendaraan pribadi di rumah dan gunakan transportasi umum yang ada. Ini akan membantu mengurangi jumlah kendaraan yang membuang polusinya setiap hari ke angkasa.
- Ikutlah komunitas bersepeda. Alat transportasi yang ramah lingkungan seperti sepeda akan sangat membantu untuk mengurangi polusi udara di kota, terlebih dengan bersepeda kita juga sehat karena aktivitas ini bagus untuk jantung

- Gunakan kendaraan yang ramah lingkungan, seperti becak, sepeda, dokar atau delman. Jika menggunakan mobil atau motor, sebaiknya selalu lakukan pengecekan supaya mesin kendaraan bagus dan mengurangi polusi udara dengan memastikan emisi pembuangan di kendaraan baik.
- Gunakan bahan bakar yang ramah lingkungan. Lakukan gerakan menanam pohon di lingkungan pinggir jalan dengan berkoordinasi dengan dinas tata kota atau kita bisa melakukan sebuah acara khusus untuk mewujudkan gerakan cinta kepada lingkungan dan stop polusi udara.
- Melaksanakan program AMDAL
- Mengurangi jumlah mobil lalu lalang. Misalnya dengan jalan kaki, naik sepeda, kendaraan umum, atau naik satu kendaraan pribadi bersama teman-teman (*car pooling*).
- Selalu merawat mobil dengan seksama agar tidak boros bahan bakar dan asapnya tidak mengotori udara.
- Mengurangi pemakaian AC. Pilihlah AC non-CFC dan hemat energi.
- Mematuhi batas kecepatan dan jangan membawa beban terlalu berat di mobil agar pemakaian bensin lebih efektif.
- Mengurangi penggunaan bahan kimia. Menghiasi rumah dan lingkungan dengan tanaman asli.
- Kalau toilet menggunakan pengharum ruangan, pilih yang tidak mengandung aerosol.
- Jangan membuang sampah sembarangan, terutama di sungai, selokan dan laut.
- Menggunakan lebih banyak barang-barang yang terbuat dari kaca/keramik, bukan plastik atau *styrofoam*. Sebaiknya menggunakan barang/produk dengan kemasan kecil (*sachet*) karena akan menambah jumlah sampah.
- Membiasakan menggosok gigi dengan menggunakan gelas, bukan menyalakan keran terus-menerus. Jangan sia-siakan air bersih.
- Sebaiknya menggunakan lap atau sapu tangan untuk menggantikan tisu yang terbuat dari kertas.
- Mengurangi belanja yang tidak perlu agar tidak menimbulkan sampah di kemudian hari.
- Membeli bensin yang bebas timbal (*unleaded fuel*).
- Memilih produk yang ramah lingkungan. Misalnya parfum non-CFC.

- Memakai plastik berulang kali. Sampah plastik sulit diurai dan kalau dibakar menimbulkan zat beracun.
- Tidak merokok.
- Memfotokopi secara bolak-balik atau memakai kertas yang sisinya masih kosong. Menghemat kertas berarti mengurangi penggundulan hutan. Bumi yang hijau dapat menyerap polusi lingkungan lebih baik.
- Menggunakan lampu dengan kapasitas yang tepat.
- Bila kita menggunakan kamar kecil, jangan lupa mematikan air setelah kita pakai. Ingat, semakin banyak air terbuang percuma berarti kita turut memboroskan sumber daya alam.

2. Dampak Pencemaran terhadap Tanaman

Tanaman yang tumbuh didaerah dengan tingkat pencemaran udara tinggi dapat terganggu pertumbuhannya dan rawan penyakit, antarlain klorosis, nekrosis, dan bintik hitam. Partikulat yang terdeposisi dipermukaan tanaman dapat menghambat proses fotosintesis.

Hujan asam

pH normal air hujan adalah 5,6 karena adanya CO₂ di atmosfer. Pencemar udara seperti SO₂ dan NO₂ bereaksi dengan air hujan membentuk asam dan menurunkan pH air hujan. Dampak dari hujan asam ini antara lain:

- Mempengaruhi kualitas air permukaan
- Merusak tanaman
- Melarutkan logam-logam berat yang terdapat dalam tanah sehingga mempengaruhi kualitas air tanah dan air permukaan
- Bersifat korosif sehingga merusak material dan bangunan.

Efek rumah kaca

Efek rumah kaca disebabkan oleh keberadaan CO₂, CFC, metana, ozon, dan N₂O di lapisan troposfer yang menyerap radiasi panas matahari yang dipantulkan oleh permukaan bumi. Akibatnya panas terperangkap dalam lapisan troposfer dan menimbulkan fenomena pemanasan global.

Pemanasan Global

Dampak dari pemanasan global adalah:

- Pencairan es di kutub

- Perubahan iklim regional dan global
- Perubahan siklus hidup flora dan fauna

Kerusakan lapisan ozon

Lapisan ozon yang berada di stratosfer (ketinggian 20-35 km) merupakan pelindung alami bumi yang berfungsi memfilter radiasi ultraviolet B dari matahari. Pembentukan dan penguraian molekul-molekul ozon (O_3) terjadi secara alami di stratosfer. Emisi CFC yang mencapai stratosfer dan bersifat sangat stabil menyebabkan laju penguraian molekul-molekul ozon lebih cepat dari pembentukannya, sehingga terbentuk lubang-lubang pada lapisan ozon. Kerusakan lapisan ozon menyebabkan sinar UV-B matahari tidak terfilter dan dapat mengakibatkan kanker kulit serta penyakit pada tanaman.

Pencegahan dan penanggulangan

Penanggulangan pencemaran udara tidak dapat dilakukan tanpa menanggulangi penyebabnya. Mempertimbangan sektor transportasi sebagai kontributor utama pencemaran udara, maka sektor ini harus mendapat perhatian utama, terutama oleh pemerintah, sehingga perlu adanya:

- Himbauan kepada pemerintah untuk memperbaiki sistem transportasi yang ada saat ini, dengan sistem transportasi yang lebih ramah lingkungan dan terjangkau oleh publik. Prioritas utama harus diberikan pada sistem transportasi massal dan tidak berbasis kendaraan pribadi.
- Himbauan kepada pemerintah untuk segera memenuhi komitmennya untuk memberlakukan pemakaian bensin tanpa timbal.
- Penegakan hukum di sektor industri harus dilaksanakan bagi industri pencemar.

3. Pencemaran Air

Pencemaran Air

Pencemaran air adalah suatu perubahan keadaan di suatu tempat penampungan air di bumi, yaitu sungai, danau, laut, air tanah akibat aktivitas manusia. Menurut Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup No.02/MENLH/I/1998, yang dimaksud dengan polusi/pencemaran air adalah *dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan atau komponen lain ke dalam air/udara oleh kegiatan manusia atau oleh proses alam, kurang atau tidak dapat berfungsi lagi dengan peruntukannya*.

Air biasanya disebut tercemar ketika terganggu oleh kontaminan antropogenik dan ketika tidak bisa mendukung kehidupan manusia, seperti air minum, dan/atau mengalami pergeseran ditandai dalam kemampuannya untuk mendukung komunitas penyusun biotik, seperti ikan.

Fenomena alam seperti gunung berapi, algae blooms, badai, dan gempa bumi juga menyebabkan perubahan besar dalam kualitas air dan status ekologi air. Danau, sungai, lautan, dan air tanah adalah bagian penting dalam siklus kehidupan manusia dan merupakan salah satu bagian dari siklus hidrologi, selain mengalirkan air, juga mengalirkan sedimen dan polutan. Berbagai macam fungsinya sangat membantu kehidupan manusia. Pemanfaatan terbesar danau, sungai, lautan dan air tanah adalah untuk irigasi pertanian, bahan baku air minum, sebagai saluran pembuangan air hujan dan air limbah, bahkan sebenarnya berpotensi sebagai objek wisata. Di negara-negara berkembang, seperti Indonesia, pencemaran air merupakan penyebab utama gangguan kesehatan manusia/penyakit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa di seluruh dunia, lebih dari 14.000 orang meninggal dunia setiap hari akibat penyakit yang ditimbulkan oleh pencemaran air.

Indikator atau tanda bahwa air di lingkungan telah tercemar adalah adanya perubahan yang dapat diamati dan digolongkan menjadi:

- Pengamatan secara fisis, yaitu pengamatan pencemaran air berdasarkan tingkat kejernihan air, perubahan suhu, warna, dan adanya perubahan bau atau rasa.
- Pengamatan secara kimiawi, yaitu pengamatan pencemaran air berdasarkan zat kimia yang terlarut (perubahan pH).
- Pengamatan biologis, yaitu pengamatan pencemaran air berdasarkan mikroorganisme yang ada dalam air, terutama ada tidaknya patogen.

Penyebab Pencemaran Air

Pencemaran air dapat disebabkan oleh berbagai hal dan memiliki karakteristik yang berbeda-beda.

- Sampah organik seperti limbah cair rumah tangga menyebabkan peningkatan kebutuhan oksigen pada air tercemar yang mengarah pada berkurangnya oksigen, sehingga berdampak parah terhadap seluruh ekosistem.
- Pembuangan polutan yang berasal dari industri. Pembuangan limbah ini dapat bersifat toksik, mengandung logam berat, minyak, nutrien maupun padatan. Air limbah yang tercemar seperti ini dapat mengurangi kandungan oksigen di dalam air.

Akibat Pencemaran Air

- Terganggunya kehidupan organisme air karena berkurangnya kandungan oksigen (O_2) yang dapat menyebabkan kematian.
- Terjadinya ledakan ganggang dan tumbuhan air (eutrofikasi)
- Pendangkalan dasar perairan
- Tersumbatnya penyaliran reservoir dan menyebabkan perubahan ekologi
- Dalam jangka panjang adalah kanker dan kelahiran cacat
- Akibat penggunaan pestisida yang berlebihan, selain membunuh hama dan penyakit, juga membunuh serangga dan makhluk berguna terutama predator
- Kematian biota kuno, seperti: plankton, ikan, bahkan burung
- Kekurangan sumber air
- Mutasi sel, kanker, dan leukemia

Cara Mengatasi Pencemaran Air yang Efektif

- Mempertahankan sumber-sumber air bersih yang belum tercemar.
Sumber air yang masih bersih hendaknya tetap dipertahankan kebersihannya, jangan sampai ikut tercemar. Jika sudah tercemar akan sulit membersihkannya.
- Menanam tanaman-tanaman berkayu
Tanaman-tanaman yang berkayu tebal adalah tanaman yang dapat menyerap air dengan baik. Dengan begitu, persediaan air tanah tercukupi dan sumber air bersih dapat terjaga.
- Tidak membuang sampah ke sungai.
Sampah yang dibuang ke sungai dari satu rumah tangga saja sudah mengotori sungai. Bagaimana halnya jika setiap rumah tangga yang ada di Indonesia membuang sampah rumah tangga mereka ke sungai. Sungai menjadi sangat kotor dan tercemar. Pendangkalan sungai pun terjadi, yang akhirnya dapat menyebabkan banjir. Banjir mengalirkan air tercemar ke kawasan pemukiman yang dapat menyebabkan wabah penyakit, seperti diare, dan penyakit kulit.
- Mendaur ulang semua sampah yang bisa didaur ulang.
Sampah yang bisa didaur ulang usahakan untuk didaur ulang. Dilarang membuang sampah ke sungai atau selokan. Hal ini dilakukan agar perairan di sekitar masyarakat tidak tercemar. Jika tercemar, biasanya menimbulkan bau tidak sedap. Hal ini sangat mengganggu masyarakat dalam menjalankan aktivitas.

- **Penyuluhan pembuangan limbah industri.**
Industri-industri yang mengeluarkan limbah cair hendaknya diberi penyuluhan agar melakukan pengolahan limbah sebelum dibuang ke sungai. Ini perlu pengawasan ketat dari pemerintah karena sampai saat ini, masih banyak Industri-industri yang membuang limbah cairnya begitu saja ke sungai. Mereka tidak menghiraukan dampak yang akan timbul pada masyarakat yang hidup di area tersebut.
- **Penyuluhan bagi pengguna transportasi laut.**
Bagi masyarakat pengguna transportasi laut, hendaknya diberikan penyuluhan untuk memastikan kendaraan mereka tidak bocor agar tidak mencemari air laut.
- **Peraturan yang tegas kepada para pengusaha minyak.**
Peraturan tersebut dibuat agar pengusaha tidak membuat kilang minyak dekat pemukiman penduduk. Kilang-kilang minyak hendaklah didirikan sejauh mungkin dari kawasan pemukiman, agar tidak membahayakan masyarakat sekitar. Jika terjadi kebocoran minyak yang mencemari laut, maka binatang-binatang laut akan terganggu ekosistemnya.
- **Pemerintah hendaknya membuat peraturan yang tegas untuk pembuangan limbah beracun.**
Dengan peraturan yang ketat, maka para pengusaha akan berpikir berulang kali untuk membuang limbah cairnya begitu saja. Pengolahan limbah yang mahal sudah menjadi risiko mereka sebagai pengusaha. Jika ingin mendirikan sebuah industri, buatlah industri yang ramah lingkungan. Selain lebih murah, juga tidak akan dimusuhi oleh masyarakat dan lembaga-lembaga pencinta lingkungan.

Penyebab Pencemaran Air

Penyebab Alam

- Pada dasarnya, penyebab pencemaran dari alam tidak dapat dihindari oleh makhluk di bumi. Meningkatnya tingkat nutrisi atau kandungan bahan organik dan hasil-hasil metabolisme makhluk pencernaan, hal ini akan mengakibatkan eutrofikasi. Proses ini berjalan dan terjadi dalam jangka waktu yang panjang bahkan ribuan tahun.

Sampah organik

- Sampah organik mungkin menjadi penyebab pencemaran di air. Sampah organik yang telah terakumulasi di selokan-selokan akan menyebabkan cairan berbau, dikenal sebagai limbah, yang buruk bagi kehidupan.

Limbah Pabrik yang Tidak Disaring

- limbah menjadi sangat menakutkan jika menyebar ke hulu dan airnya digunakan oleh manusia. Polusi udara oleh limbah sangat berbahaya karena mengandung banyak bahan kimia yang tidak hanya merusak organ internal juga akan merusak luar.

Penggunaan Bahan Peledak (Zat Kimia)

- Pencemaran di sungai, danau, laut atau air dapat terjadi karena ulah manusia yang menangkap ikan menggunakan bahan peledak. Unsur kandungan kimia dalam bahan peledak menyebabkan pencemaran air.

Berdasarkan jenis, bahan pencemar air dibagi menjadi :

Kontaminan fisik

Kontaminan fisik meliputi sampah, lumpur, pasir, dan sebagainya.

Kontaminan kimia

Kontaminan kimia termasuk zat organik, dapat mencakup lemak, minyak, deterjen, sabun, pewarna, karbohidrat, protein atau zat anorganik (unsur bebas, logam berat, asam, basa dan garam) dan zat radioaktif.

Kontaminan Biologis

Polutan biologis dapat dibagi menjadi dua mikroorganisme patogen dan mikroorganisme yang tumbuh tidak terkendali (*blooming*) karena eutrofikasi. Mikroorganisme patogen umumnya berasal dari kotoran manusia. Ada 4 kelompok mikroorganisme yang terkandung dalam kotoran, yaitu virus, bakteri, protozoa, dan cacing. Pertumbuhan yang tidak terkendali terjadi pada mikroorganisme yang termasuk fitoplankton, alga, dan eceng gondok.

Dampak pencemaran air pada kehidupan air

Jumlah zat terlarut dalam air limbah akibat pencemaran akan menyebabkan penurunan kadar oksigen terlarut dalam air, sehingga mengakibatkan kehidupan air terganggu, membutuhkan oksigen, dan mengurangi perkembangannya.

Oleh karena kematian bakteri, proses pemurnian air limbah yang secara alamiah harus terjadi dalam air limbah juga terhambat, karena air limbah yang sangat sulit untuk terurai. Panas dari industri juga akan berdampak kematian organisme, apabila air limbah tidak didinginkan terlebih dahulu.

Dampak negatif dari pencemaran air terhadap kualitas air tanah

Pencemaran air tanah oleh tinja yang biasa diukur dengan coliform fekal telah terjadi dalam skala yang luas, hal ini dibuktikan dengan survei dari sumur dangkal di Jakarta. Banyak studi menunjukkan terjadinya kontaminasi.

Efek Pencemaran Air pada Kesehatan

Peran air sebagai pembawa berbagai penyakit infeksi, antara lain:

- Air sebagai media untuk hidup mikroba patogen.
- Air sebagai vektor serangga sarang.
- Air sebagai media untuk hidup vektor penyakit.

Akibat dari polusi air untuk estetika lingkungan

Dengan meningkatnya jumlah zat organik yang dibuang ke lingkungan air, maka perairan akan semakin tercemar, biasanya ditandai dengan bau yang sangat menyengat, selain tumpukan yang dapat mengurangi estetika lingkungan. Masalah limbah minyak atau lemak juga dapat mengurangi estetika lingkungan.

Berbagai zat yang bersifat racun dan bahan radioaktif dapat merugikan manusia. Berbagai polutan memerlukan O₂ untuk penguraian. Apabila O₂ berkurang, maka penguraian tidak sempurna dan menyebabkan air berubah warnanya dan berbau busuk. Bahan atau logam yang berbahaya, seperti arsenat, uradium, krom, timah, air raksa, benzon, tetraklorida, dan karbon dapat merusak organ tubuh manusia atau dapat menyebabkan kanker. Sejumlah besar limbah dari sungai akan masuk ke laut. Polutan ini dapat merusak kehidupan air sekitar muara sungai dan sebagian kecil laut muara. Bahan-bahan berbahaya yang masuk ke laut atau samudera mempunyai akibat jangka panjang yang belum diketahui. Banyak jenis kerang-kerangan yang mungkin mengandung zat yang berbahaya untuk dimakan. Laut dapat pula tercemar oleh minyak yang asalnya mungkin dari pemukiman, pabrik, sungai atau dari kapal tanker yang rusak. Minyak dapat mematikan burung dan hewan laut lainnya, sebagai contoh, efek keracunan yang dapat dilihat di Jepang, yaitu merkuri yang dibuang sebuah industri plastik ke teluk minamata terakumulasi di jaringan tubuh ikan, sehingga masyarakat yang mengkonsumsinya menderita cacat dan meninggal.

Akibat yang ditimbulkan oleh polusi air:

- Terganggunya kehidupan organisme air karena berkurangnya kandungan oksigen.
- Terjadinya ledakan ganggang dan tumbuhan air (eutrofikasi)
- Pendangkalan dasar perairan.
- Tersumbatnya penyangkutan reservoir, dan menyebabkan perubahan ekologi.
- Dalam jangka panjang adalah kanker dan kelahiran cacat.
- Akibat penggunaan pestisida yang berlebihan selain membunuh hama dan penyakit, juga membunuh serangga dan makhluk berguna terutama predator.
- Kematian biota kuno, seperti plankton, ikan, bahkan burung.
- Mutasi sel, kanker, dan leukemia.

Pencegahan dan Penanggulangan

Pengenceran dan penguraian polutan air tanah sulit sekali penanggulangannya, karena airnya tidak mengalir dan tidak mengandung bakteri pengurai yang aerob, jadi air tanah yang tercemar akan tetap tercemar dalam waktu yang sangat lama, walau tidak ada lagi bahan pencemar yang masuk. Oleh karena itu, beberapa usaha untuk menjaga agar tanah tetap bersih misalnya:

1. Menempatkan daerah industri atau pabrik jauh dari daerah perumahan atau pemukiman.
2. Pembuangan limbah industri diatur sehingga tidak mencermari lingkungan atau ekosistem.
3. Pengawasan terhadap penggunaan jenis-jenis pestisida dan zat-zat kimia lain yang dapat menimbulkan pencemaran.
4. Memperluas gerakan penghijauan.
5. Tindakan tegas terhadap perilaku pencemaran lingkungan.
6. Memberikan kesadaran terhadap masyarakat tentang arti lingkungan hidup, sehingga manusia lebih lebih mencintai lingkungan hidupnya.
7. Melakukan intensifikasi pertanian.

4. Pencemaran Tanah

Tanah merupakan bagian penting dalam menunjang kehidupan makhluk hidup di muka bumi. Kita semua tahu bahwa rantai makanan bermula dari tumbuhan. Manusia dan

hewan hidup dari tumbuhan, karena memakan tumbuhan. Ada tumbuhan dan hewan yang hidup di laut, tetapi sebagian besar dari makanan kita berasal dari tumbuhan yang ada di permukaan tanah. Oleh karena itu, sudah menjadi kewajiban kita menjaga kelestarian tanah agar tetap dapat mendukung kehidupan di muka bumi ini. Sebagaimana halnya pencemaran air dan udara, pencemaran tanah pun akibat kegiatan manusia juga.

Pencemaran tanah adalah keadaan di mana bahan kimia buatan manusia masuk dan merubah lingkungan tanah alami. Pencemaran ini biasanya terjadi karena: kebocoran limbah cair atau bahan kimia industri atau fasilitas komersial; penggunaan pestisida; masuknya air permukaan tanah tercemar ke dalam lapisan sub-permukaan; kecelakaan kendaraan pengangkut minyak, zat kimia, atau limbah; air limbah dari tempat penimbunan sampah, serta limbah industri yang langsung dibuang ke tanah dengan tidak memenuhi syarat ketentuan yang berlaku (*illegal dumping*).

Penyebab Pencemaran Tanah

Pencemaran tanah tidak jauh berbeda atau bisa dikatakan mempunyai hubungan erat dengan pencemaran udara dan pencemaran air, sehingga sumber pencemar udara dan sumber pencemar air pada umumnya juga merupakan sumber pencemar tanah. Sebagai contoh, gas-gas oksida karbon, oksida nitrogen, oksida belerang yang menjadi bahan pencemar udara yang larut dalam air hujan dan turun ke tanah dapat menyebabkan terjadinya hujan asam, sehingga menimbulkan pencemaran pada tanah.

Permukaan tanah yang mengandung bahan pencemar, misalnya tercemari zat radioaktif, logam berat dalam limbah industri, sampah rumah tangga, limbah rumah sakit, sisa-sisa pupuk, dan pestisida dari daerah pertanian, limbah deterjen, akhirnya juga dapat menyebabkan terjadinya pencemaran pada tanah daerah tempat air permukaan ataupun tanah daerah yang dilalui air permukaan tanah yang tercemar tersebut. Oleh karena itu, sumber bahan pencemar tanah dapat dikelompokkan juga menjadi sumber pencemar yang berasal dari, sampah rumah tangga, sampah pasar, sampah rumah sakit, gunung berapi yang meletus, kendaraan bermotor, dan limbah industri. Penyebab pencemaran tanah sangat beragam, namun secara umum sumber penyebab tersebut sejatinya dapat dikelompokkan oleh beberapa hal berikut.

a. Limbah Padat dan Cair

Limbah padat dan cair adalah dua penyebab paling utama dalam mencemari tanah. Limbah padat yang masuk ke dalam tanah akan membuat kerusakan ekosistem tanah dan

mematikan banyak organisme. Limbah padat yang dimaksud adalah limbah padat yang sulit terdekomposisi, seperti bahan-bahan non organik seperti plastik. Plastik yang terkubur di dalam tanah tidak bisa terdekomposisi sehingga mengganggu kehidupan organisme. Selain limbah anorganik, limbah padat organik dalam jumlah banyak juga akan mengganggu kehidupan ekosistem mikroorganisme tanah. Banyak limbah padat organik yang sulit terdekomposisi, seperti kayu, tanaman berserat tinggi seperti pelepah kelapa..

Limbah cair umumnya dihasilkan oleh industri. Salah satu karakteristik yang paling penting dari limbah cair adalah tingkat keasamannya yang tinggi. Limbah cair yang sangat asam bila langsung dibuang ke tanah tentu akan menjadi penyebab pencemaran tanah, sehingga membuat banyak organisme dalam tanah akan mati. Oleh karena itu, diperlukan teknologi semacam instalasi pengolahan limbah cair, agar sebelum di buang, limbah tersebut tidak lagi membahayakan bagi kelangsungan ekosistem yang ada di tanah. Salah satu yang termasuk limbah cair ini misalnya air cucian baju, limbah cair tahu, dan limbah industri.

Secara umum, pencemaran tanah dapat disebabkan limbah domestik, limbah industri, dan limbah pertanian.

1) Limbah domestik

Limbah domestik dapat berasal dari pemukiman penduduk; sektor perdagangan/pasar/tempat usaha hotel; kelembagaan misalnya kantor-kantor pemerintahan dan swasta; dan wisata, dapat berupa limbah padat dan cair.

- a. Limbah padat berupa senyawa anorganik yang tidak dapat dimusnahkan atau diuraikan oleh mikroorganisme seperti plastik, serat, keramik, kaleng-kaleng dan bekas bahan bangunan, menyebabkan tanah menjadi kurang subur. Bahan pencemar tersebut akan tetap utuh hingga 300 tahun yang akan datang. Bungkus plastik yang kita buang ke lingkungan akan tetap ada dan mungkin akan ditemukan oleh anak cucu kita setelah ratusan tahun kemudian. Sampah anorganik tidak ter-biodegradasi, yang menyebabkan lapisan tanah tidak dapat ditembus oleh akar tanaman dan tidak tembus air sehingga peresapan air dan mineral yang dapat menyuburkan tanah hilang dan jumlah mikroorganisme di dalam tanahpun akan berkurang. Hal ini menyebabkan tanaman sulit tumbuh, bahkan mati karena tidak memperoleh makanan untuk berkembang.
- b. Limbah cair berupa; tinja, deterjen, oli, cat, jika meresap ke dalam tanah akan merusak kandungan air tanah, bahkan dapat membunuh mikro-organisme di dalam tanah.

2) Limbah industri

Limbah Industri berasal dari sisa-sisa hasil produksi industri. Limbah cair yang merupakan sisa hasil pengolahan dalam suatu proses produksi, misalnya sisa-sisa pengolahan industri pelapisan logam dan industri kimia lainnya. Tembaga, timbal, perak, khrom, arsen dan boron adalah zat-zat yang dihasilkan dari proses industri pelapisan logam seperti Hg, Zn, Pb, Cd, dapat mencemari tanah. Zat-zat ini merupakan zat yang sangat beracun terhadap mikroorganisme, jika meresap ke dalam tanah akan mengakibatkan kematian bagi mikroorganisme yang memiliki fungsi sangat penting terhadap kesuburan tanah.

3) Limbah pertanian

Limbah pertanian dapat berupa sisa-sisa pupuk sintetis untuk menyuburkan tanah atau tanaman, misalnya pupuk urea dan pestisida untuk pemberantas hama tanaman. Penggunaan pupuk yang terus menerus dalam pertanian akan merusak struktur tanah, yang menyebabkan kesuburan tanah berkurang dan tidak dapat ditanami jenis tanaman tertentu karena hara tanah semakin berkurang. Penggunaan pestisida bukan saja mematikan hama tanaman, tetapi juga mikroorganisme yang berguna di dalam tanah, padahal kesuburan tanah tergantung pada jumlah organisme di dalamnya. Selain itu, penggunaan pestisida yang terus menerus akan mengakibatkan hama tanaman kebal terhadap pestisida tersebut.

b. Pestisida dan Pupuk

Pestisida dan pupuk kimia banyak digunakan oleh petani untuk meningkatkan hasil pertanian. Penggunaan kedua bahan ini tidak dapat dihindari karena kebutuhan pangan penduduk di Indonesia juga masih tinggi. Namun disisi lain, terutama pestisida sering meninggalkan residu yang sangat mengganggu kehidupan mikroorganisme tanah. Penggunaan pestisida membuat tanah pertanian menjadi tercemar residu atau sisa racun dan menjadi salah satu penyebab pencemaran tanah.

Penggunaan pupuk anorganik, pestisida, dan insektisida seringkali membuat banyak organisme tanah seperti serangga dan hewan kecil mati, dan hewan yang lebih besar yang memakan hewan kecil (seperti dalam rantai makanan) juga dirugikan. Pada akhirnya, residu dan sisa racun tersebut tercuci oleh hujan, dan dari waktu ke waktu, mereka akan berakhir badan air dan menyebabkan pencemaran air.

c. **Bahan kimia**

Industri kimia dan pembangkit listrik tenaga nuklir menghasilkan limbah yang harus disimpan di suatu tempat. Begitupun dengan produksi pupuk, insektisida, pestisida, dan farmasi yang juga menghasilkan banyak limbah padat maupun cair. Dalam beberapa kasus, limbah-limbah tersebut memang disimpan dan diolah dengan cara yang ramah lingkungan, tetapi pada beberapa kasus lain, industri membuang limbahnya secara langsung ke tanah di sekitar lingkungannya sehingga limbah-limbah tersebut menjadi penyebab pencemaran tanah.

d. **Deforestasi**

Manusia dan hewan sangat bergantung pada tumbuhan dalam banyak hal. Seperti dijelaskan dalam daur oksigen, tumbuhan menyerap karbondioksida dari udara dan menghasilkan oksigen yang dibutuhkan untuk banyak kehidupan. Tumbuhan menyediakan kayu untuk manusia dan habitat bagi banyak hewan tanah, seperti serangga dan burung. Tumbuhan juga membantu mengisi tanah dan membantu mempertahankan nutrisi yang hanyut. Sayangnya, kita telah mengurangi jutaan pohon untuk keperluan kayu, konstruksi, pertanian, dan pertambangan, dan tidak pernah menanam pohon baru kembali. Ini juga merupakan salah satu penyebab pencemaran tanah yang perlu diketahui. Penebangan pohon yang tanpa konservasi akan membuat kesuburan tanah menjadi rusak.

Dalam sejarah Indonesia, pernah tercatat bahwa tanah Indonesia terkenal dengan kesuburannya.. Kesuburan itu telah mengundang para penjajah asing untuk mengeksploitasinya. Kini sebagian tanah Indonesia tercemar oleh polusi yang diakibatkan oleh kelalaian masyarakat. Pencemaran menyebabkan tanah rusak dan hilang kesuburannya, mengandung zat asam tinggi, berbau busuk, kering, dan mengandung logam berat. Akibatnya tanah akan sulit untuk dimanfaatkan.

Dari pernyataan di atas, dapat ditarik kesimpulan bahwa ciri-ciri tanah tercemar adalah :

- Tanah tidak subur
- pH dibawah 6 (tanah asam) atau pH diatas 8 (tanah basa)
- Berbau busuk
- Kering
- Mengandung logam berat
- Mengandung sampah anorganik

Tanah tidak tercemar. Tanah yang tidak tercemar adalah tanah yang masih memenuhi unsur dasarnya sebagai tanah. Ia tidak mengandung zat-zat yang merusak keharaanya. Tanah tidak tercemar bersifat subur, tidak berbau busuk, tingkat keasaman normal dan terutama tidak mengandung logam berat. Tanah yang tidak tercemar, besar potensinya untuk alat kemaslahatan umat manusia. Pertanian dengan tanah yang baik dapat mendatangkan keuntungan berlipat ganda.

Dari pernyataan diatas, bisa ditarik kesimpulan bahwa ciri-ciri tanah tidak tercemar adalah:

- Tanahnya subur
- Trayek pH minimal 6, maksimal 8
- Tidak berbau busuk
- Tidak kering, memiliki tingkat kegemburan yang normal
- Tidak mengandung logam berat
- Tidak mengandung sampah anorganik

Dampak Pencemaran Tanah

1. Dampak Pada Kesehatan

Dampak pencemaran tanah terhadap kesehatan, tergantung jalur masuk ke dalam tubuh dan kerentanan populasi yang terkena. Kromium, berbagai macam pestisida dan herbisida merupakan bahan karsinogenik untuk semua populasi. Timbal sangat berbahaya pada anak-anak, karena dapat menyebabkan kerusakan otak serta kerusakan ginjal. Paparan kronis (terus-menerus) terhadap benzena pada konsentrasi tertentu dapat meningkatkan kemungkinan terkena leukemia.

Merkuri (air raksa) dan siklodiena dikenal dapat menyebabkan kerusakan ginjal, dan mungkin tidak bisa diobati, PCB dan siklodiena terkait pada keracunan hati. Organofosfat dan karmabat menyebabkan gangguan pada saraf otot. Ada beberapa macam dampak pada kesehatan, seperti sakit kepala, pusing, letih, iritasi mata dan ruam kulit untuk paparan bahan kimia yang disebut di atas. Pada dosis yang besar, pencemaran tanah dapat menyebabkan kematian..

2. Dampak pada Lingkungan atau Ekosistem

Dampak limbah pada pertanian terutama perubahan metabolisme tanaman yang pada akhirnya dapat menyebabkan penurunan hasil pertanian. Hal ini dapat menyebabkan dampak lanjutan pada konservasi tanaman, di mana tanaman tidak mampu menahan lapisan

tanah dari erosi. Beberapa bahan pencemar ini memiliki waktu paruh yang panjang dan pada kasus lain bahan-bahan kimia derivatif akan terbentuk dari bahan pencemar tanah utama.

Pencemaran tanah juga dapat memberikan dampak terhadap ekosistem. Perubahan kimiawi tanah yang radikal dapat timbul dari adanya bahan kimia beracun/berbahaya, bahkan pada dosis yang rendah sekalipun. Perubahan ini dapat menyebabkan perubahan metabolisme dari mikroorganisme endemik dan antropoda yang hidup di lingkungan tanah tersebut. Akibatnya bahkan dapat memusnahkan beberapa spesies primer dari rantai makanan, yang dapat memberi akibat yang besar terhadap predator atau tingkatan lain dari rantai makanan tersebut.

Dampak pada pertanian terutama pada perubahan metabolisme tanaman yang pada akhirnya dapat menyebabkan penurunan hasil pertanian. Hal ini dapat menyebabkan dampak lanjutan pada konservasi tanaman di mana tanaman tidak mampu menahan lapisan tanah dari erosi. Beberapa bahan pencemar ini memiliki waktu paruh yang panjang dan pada kasus lain bahan-bahan kimia derivatif akan terbentuk dari bahan pencemar tanah utama.

Pencegahan

Penanggulangan limbah domestik (sampah) yang sangat banyak yaitu dengan cara memisahkan antara sampah organik atau sampah yang dapat atau mudah terurai oleh tanah, dan sampah anorganik atau sampah yang akan terurai tanah tetapi membutuhkan waktu yang sangat panjang untuk terurai oleh tanah. Sampah organik yang mudah terurai oleh tanah, misalnya dijadikan bahan urukan, kemudian kita tutup dengan tanah sehingga terdapat permukaan tanah yang dapat kita pakai lagi, dibuat kompos, dan khusus kotoran hewan dapat dibuat biogas.

Sampah anorganik yang tidak dapat diurai oleh mikroorganisme, cara penanganan yang terbaik dengan mendaur ulang sampah-sampah menjadi barang-barang yang mungkin bisa dipakai atau juga bisa dijadikan hiasan dinding. Limbah industri, cara penanggulangannya yaitu dengan cara mengolah limbah tersebut sebelum dibuang ke sungai atau ke laut.

Limbah pertanian, yaitu dengan cara mengurangi penggunaan pupuk sintetis dan berbagai bahan kimia untuk pemberantasan hama seperti pestisida diganti dengan penggunaan pupuk kompos. Adapun penanganan untuk pembersihan tanah, yaitu:

1. Remediasi

Remediasi adalah kegiatan untuk membersihkan permukaan tanah yang tercemar. Ada dua jenis remediasi tanah, yaitu *in-situ* (atau *on-site*) dan *ex-situ* (atau *off-site*). Pembersihan *on-site* adalah pembersihan di lokasi. Pembersihan ini lebih murah dan lebih mudah, terdiri atas pembersihan, venting (injeksi), dan bioremediasi. Pembersihan *off-site* meliputi penggalian tanah yang tercemar dan kemudian dibawa ke daerah yang aman. Setelah itu, di daerah aman, tanah tersebut dibersihkan dari zat pencemar. Caranya yaitu, tanah tersebut disimpan di bak/tanki yang kedap, kemudian zat pembersih dipompakan ke bak/tanki tersebut. Selanjutnya zat pencemar dipompakan keluar dari bak yang kemudian diolah dengan instalasi pengolahan air limbah. Pembersihan *off-site* ini jauh lebih mahal dan rumit.

2. Bioremediasi

Bioremediasi adalah proses pembersihan pencemaran tanah dengan menggunakan mikroorganisme (jamur, bakteri). Bioremediasi bertujuan untuk memecah atau mendegradasi zat pencemar menjadi bahan yang kurang beracun atau tidak beracun (karbon dioksida dan air).

Tindakan pencegahan dan tindakan penanggulangan terhadap terjadinya pencemaran dapat dilakukan dengan berbagai cara sesuai dengan macam bahan pencemar yang perlu ditanggulangi. Langkah-langkah pencegahan dan penanggulangan terhadap terjadinya pencemaran antara lain dapat dilakukan sebagai berikut:

Langkah pencegahan.

Pada umumnya, pencegahan ini adalah prinsipnya berusaha untuk tidak menyebabkan terjadinya pencemaran, misalnya mencegah/mengurangi terjadinya bahan pencemar, antara lain:

1. Sampah organik yang dapat membusuk/diuraikan oleh mikroorganisme dikubur dalam tanah secara tertutup dan terbuka, kemudian dapat diolah sebagai kompos/pupuk.
2. Sampah senyawa organik atau senyawa anorganik yang tidak dapat dimusnahkan oleh mikroorganisme, dapat dilakukan dengan cara membakar sampah-sampah yang dapat terbakar seperti plastik dan serat, baik secara individual maupun dikumpulkan pada suatu tempat yang jauh dari pemukiman, sehingga tidak mencemari udara daerah pemukiman. Sampah yang tidak dapat dibakar dapat digiling/dipotong-potong menjadi partikel-partikel kecil, kemudian dikubur.

3. Pengolahan terhadap limbah industri yang mengandung logam berat yang akan mencemari tanah, sebelum dibuang ke sungai atau ke tempat pembuangan agar dilakukan proses pemurnian.
4. Penggunaan pupuk dan pestisida, tidak digunakan secara sembarangan, sesuai dengan aturan dan tidak berlebihan.
5. Usahakan membuang dan memakai detergen berupa senyawa organik yang dapat dimusnahkan/diuraikan oleh mikroorganisme.

Penanggulangan

Langkah tindakan penanggulangan yang dapat dilakukan antara lain dengan cara:

1. Sampah-sampah organik yang tidak dapat dimusnahkan (berada dalam jumlah cukup banyak) dan mengganggu kesejahteraan hidup serta mencemari tanah, agar diolah atau dilakukan daur ulang menjadi barang-barang lain yang bermanfaat, misal dijadikan mainan anak-anak, dijadikan bahan bangunan, plastik dan serat dijadikan keset atau kertas karton didaur ulang menjadi tissu, kaca-kaca di daur ulang menjadi vas kembang, plastik di daur ulang menjadi ember dan masih banyak lagi cara-cara pendaur ulang sampah.
2. Bekas bahan bangunan (seperti keramik, batu-batu, pasir, kerikil, batu bata, berangkal) yang dapat menyebabkan tanah menjadi tidak/kurang subur, dikubur dalam sumur secara berlapis-lapis yang dapat berfungsi sebagai resapan dan penyaringan air, sehingga tidak menyebabkan banjir, melainkan tetap berada di tempat sekitar rumah dan tersaring. Resapan air tersebut bahkan bisa masuk ke dalam sumur dan dapat digunakan kembali sebagai air bersih.
3. Hujan asam menyebabkan pH tanah menjadi tidak sesuai lagi untuk tanaman. Oleh karena itu, tanah perlu ditambah dengan kapur agar pH asam berkurang. Dengan melakukan tindakan pencegahan dan penanggulangan terhadap terjadinya pencemaran lingkungan hidup (pencemaran udara, pencemaran air, dan pencemaran tanah) berarti kita melakukan pengawasan, pengendalian, pemulihan, pelestarian dan pengembangan terhadap pemanfaatan lingkungan (udara, air dan tanah) yang telah disediakan dan diatur oleh Allah sang pencipta, dengan demikian berarti kita mensyukuri anugerah-Nya.

e. Polusi di Lingkungan Kerja

Manusia menghabiskan lebih banyak waktu di dalam ruangan. Oleh karena itu, sangat penting untuk memikirkan tentang kualitas udara yang kita hirup ketika sedang tidur, bekerja, belajar, bermain, dan bersantai. EPA (*Environmental Protection Agency of America*) secara konsisten mengurutkan polusi dalam ruangan sebagai urutan lima besar resiko lingkungan pada kesehatan umum. Kualitas udara dalam rumah 2-5 kali lebih buruk daripada udara di luar. Pergantian udara secara terus-menerus terjadi antara di dalam dan di luar ruangan menyebabkan kualitas udara dalam ruangan lebih baik. Bahan pencemar di dalam ruangan mampu menumpuk bahan campuran yang jarang ditemukan di luar ruangan, seperti sulfur dioksida, karbon dioksida, nitrogen dioksida, dan timah. Bahan campuran ini dikeluarkan oleh tubuh manusia, pencemaran bahan pembangunan, pemakaian produk konsumen, dan pestisida. Keracunan lain yang berhubungan dengan kelembaban, seperti sistem *air conditioning* (AC). *Air conditioning* dapat menjadi alat pencemar jika tidak dipelihara dengan baik. Kuman dan virus adalah ancaman kesehatan serius yang perlu kita ukur kekuatannya dan harus kita singkirkan.

Polusi udara dalam ruangan, sebagaimana di rumah ataupun di gedung perkantoran telah diketahui dapat menjadi masalah kesehatan yang serius. Polusi udara di dalam rumah/kantor jauh lebih buruk dampaknya dibandingkan dengan polusi udara di luar rumah/kantor, karena kita menghabiskan 90% waktu kita di dalam ruangan, baik itu di dalam rumah maupun di tempat kerja atau kantor. Sumber polusi udara di dalam ruangan termasuk udara luar yang terkontaminasi kelembaban (kandungan air dalam udara), peralatan pemanas dan pendingin, produk-produk perawatan tubuh, asap rokok, asap masakan, produk-produk pembersih rumah, bahan-bahan kimia tak tampak dari bagian bangunan seperti panel atau debu karpet dan debu renovasi rumah.

1. Unsur Partikel

Komponen berbahaya yang ada dalam udara berpolusi adalah unsur partikel yang sangat kecil dan halus, atau PM_{2,5}. Partikel ini berukuran diameter kurang dari 2.5 mikron atau 30 kali lebih kecil daripada rambut manusia dan juga mengandung jelaga, debu, aerosol, logam, dan belerang. Asap kendaraan, pabrik, dan fasilitas industri mengeluarkan bahan tersebut. Perkiraan bahan PM_{2,5} memasuki bangunan dan paru-paru manusia lebih cepat dan lebih dalam daripada dugaan sebelumnya. Orang tua dan khususnya anak-anak lebih rentan mengisap bahan-bahan tersebut. Anak-anak mengisap 50% lebih banyak udara per kilogram dari berat badannya dibandingkan dengan orang dewasa maka risikonya

menjadi tinggi, khususnya jika mereka menderita asma. Orang dewasa pun dapat meninggal karena terkena polusi udara, disebabkan partikel memengaruhi cara kerja paru-paru. Menurut WHO, setiap tahun sekitar setengah juta kematian di Asia dapat dikaitkan dengan unsur partikel dan sulfur dioksida yang berasal dari udara di luar ruangan.

2. Asap Rokok

Partikel dan asap yang keluar dari rokok adalah campuran kompleks yang terdiri atas ribuan bahan kimia, termasuk karsinogen. Di daerah perkotaan dan negara berkembang jumlah perokok semakin meningkat. Para ilmuwan memperkirakan bahwa untuk pertama kalinya jumlah kematian yang disebabkan karena merokok di negara berkembang sama dengan di negara yang maju. Pada tahun 2000, setengah dari 4,8 juta kematian yang disebabkan karena merokok terjadi di negara yang miskin.

3. Radon, Asbes, Timah

Rumah yang tua mungkin masih terbuat dari bahan bangunan yang mengandung bahan-bahan pencemar, seperti radon, asbestos, dan timah. Seperti telah dibahas di atas, timah masih ditemukan pada udara di luar ruangan, sumber keracunan timah lilin yang modern dan wangi.

4. Gas Pembakaran

Karbon monoksida, nitrogen oksida, dan sulfur oksida dapat menyebabkan gejala seperti flu, penyakit pernapasan, bahkan kematian. Di negara berkembang, sebagian besar rumah memiliki rancangan dapur dan oven yang tidak sempurna.. Pemakaian arang di dalam rumah tangga menyebabkan konsentrasi fluorin dan arsenik yang tinggi, begitu juga dengan asap kayu yang mengandung bahan pencemar yang tidak sehat. Dianjurkan untuk memakai bahan bakar yang modern seperti minyak tanah dan gas untuk mengurangi bahan pencemar, tetapi ventilasi yang baik juga tetap dibutuhkan. Asap pembakaran sampah yang dapat kita hirup di sekitar rumah, hampir setiap hari adalah kegiatan yang menimbulkan banyak polusi khususnya jika bahan plastik dibakar maka kita akan menghirup *lethal carcinogens*. Beberapa produk rumah tangga (termasuk wewangian) bisa berbahaya jika tidak digunakan dengan tepat karena dapat menyebabkan berbagai masalah pernapasan.

5. Polutan Biologi

Polutan biologi dapat ditemukan di rumah, kebanyakan berasal dari benda-benda perawatan binatang, kotoran kecoa, lapisan debu, jamur tipis pada kayu mebel, jamur

makanan, jamur tanaman, bakteri, dan virus. Menghirup berbagai mikroorganisme seperti virus dan bakteri dapat menyebabkan berbagai macam penyakit. Beberapa penyakit yang disebabkan polutan biologi antara lain, mata berair, hidung tersumbat dan bersin-bersin, hidung pilek, gatal, batuk, sesak nafas, dan nafas mendesah/terengah-engah, sakit kepala, serta kelelahan. Kelelahan adalah keluhan-keluhan yang ditimbulkan karena polutan-polutan biologis. Untuk menghindari berbagai polutan di dalam ruangan, sebaiknya dibuat sistem sirkulasi udara yang baik.

6. Pembangkit Ion

Udara kotor semacam bawaan angin sihir juga bisa terjadi di lingkungan kerja, akibat kombinasi antara AC, asap rokok, dan cat sintetis. Oleh karena itu, AC atau penyedot debu keluaran mutakhir, sekaligus berfungsi membangkitkan ion negatif (ioniser atau ion generator). Ion positif pernah digunakan pada bandara untuk menangkal sambaran petir. Akan tetapi, sekarang hal itu dilarang, karena dianggap sebagai salah satu penyebab polusi. Asap buangan kendaraan bermotor juga menghabiskan ion negatif. Begitu pula pergeseran antara udara dengan kendaraan menyebabkan bagian logam kendaraan menjadi positif, menarik ion negatif. Di Australia pada 1979 pernah dibuat pengujian para pengemudi truk antarkota yang ditemeli ion negatif. Dari laporan mingguan diketahui, 81% dari jumlah pengemudi yang diteliti, menyatakan kesiagaan dan kesadaran tinggi dalam mengemudi, 13% tidak merasakan dampaknya, dan 80% merasakan tidur yang lebih nyenyak sekalipun dalam waktu yang lebih pendek daripada biasanya. Lalu, rasa rileks dan tidak emosional dialami 73% pengemudi, 27% tidak merasakan apa-apa, 93% merasakan kabin pengemudi lebih bersih dan segar, dan 7% tidak memberi komentar.

7. Karbon dioksida

Karbon dioksida merupakan gas tidak berwarna, tanpa bau, ringan seperti udara, umumnya dihasilkan dari sisa pernapasan, sistem pemanas masakan, dan kompor kayu. Karbon dioksida dapat menekan lapisan oksigen, dan telah tercatat beberapa kasus kemampuan mental.

8. Karbon monoksida

Berasal dari gas rumah tangga, tempat pembakaran, dan kompor kayu atau batu bara yang pemakaiannya tidak benar atau ventilasinya tidak baik, seperti pembakaran batu bara, asap pembakaran mesin di tempat yang tertutup, pemanasan kerosin di tempat tertutup, dan

asap rokok tembakau. Karbon monoksida ini tidak berwarna, tidak berbau, dan merupakan gas beracun yang berbahaya. Efek kesehatan yang ditimbulkan oleh karbon monoksida, antara lain kelelahan, sembab/mata berair, pusing/pening, pandangan kabur, sesak nafas, dan beberapa akibat lain serangan jantung, kerusakan otak, bahkan kematian.

9. Lingkungan Perokok

Sumber utama yang mengkontaminasi udara dalam ruangan adalah asap rokok karena mengandung karbon monoksida, bahan pengawet/*formaldehid* dan berbagai gas serta partikel lain. Penghisap asap rokok sering disebut dengan istilah penghisap asap buangan. Efek kesehatan yang ditimbulkan antara lain sakit kepala, inveksi saluran pernapasan, bronchitis, hidung tersumbat, meningkatnya risiko asma pada anak-anak, merusak sistem kekebalan tubuh, menurunnya pertahanan tubuh melawan partikel-partikel buruk dan menyebabkan kanker paru-paru.

10. Formaldehid

Ditemukan di partikel papan, papan berlapis fiber, kayu pres berpanel resin, lem, cat warna, pakaian ketat permanen, spidol, cat tembok, bahan pembersih karpet, kain pelapis, dan bahan pelapis di pabrik. *Formaldehid* dapat terkandung dalam udara pembakaran kayu, kerosin atau gas alam dari mesin mobil, atau rokok. Ini juga digunakan sebagai desinfektan yang kuat dan penguat bahan cat, plastik jas hujan dan kosmetik. Kenampakannya tidak berwarna, gas yang berbau tajam ini dapat menyebabkan iritasi mata, hidung, dan tenggorokan, menyebabkan sakit kepala, pening, kekurangan energi, kudis, mual atau mabuk, dan iritasi saluran pernafasan atas.

11. Nitrogen dioksida di rumah/kantor

Nitrogen dioksida di rumah berasal dari sumber yang berasal dari luar rumah, seperti polutan gas yang terkandung dalam air limbah industri. Bila polutan gas masuk ke dalam badan air, akan menimbulkan pencemaran. Dampak pencemaran berbeda-beda, tergantung pada karakteristik dan sifat badan air, yaitu sungai, danau, laut atau muara. Arus air, badan air, dan lokasi dari titik buangan air limbah menentukan tingkat pencemaran pada tiap tempat yang terkena. Pada umumnya, tingkat pencemaran berbanding terbalik dengan jarak linier dari arus terhadap titik buangan air limbah. Polutan air berupa *organokhlorin* termasuk zat-zat yang mengandung *khlorofenol* dan asam-asam resin terklorinasi. Konsentrasi polutan dalam air limbah yang mengandung khlorofenol dan asam-asam resin,

akan berkurang pada saat air iimbah masuk ke dalam badan air karena terjadi pengenceran dan pengaruh hidrodinamika dari badan air. Pengurangan kadar polutan juga akibat terbentuknya koloid dan partikel dari zat organik yang mempunyai berat molekul tinggi, sehingga dapat mengendap dan membentuk endapan di dasar badan air. Perubahan teknologi proses pemutihan pulp dan kecenderungan industri untuk menerapkan operasi secara tertutup akan menyebabkan pengurangan jumlah emisi polutan kelingkungan. Sifat polutan yang mudah berafiliasi dengan air dan dapat terurai secara biologis sangat diharapkan agar dapat dihindari terjadinya akumulasi yang tinggi pada endapan.

Akan tetapi, perubahan teknologi tidak akan mengurangi ketahanan polutan yang telah terbentuk sebelumnya sebagai endapan dan bersifat stabil dalam waktu yang lama. Perubahan teknologi pembuatan pulp untuk mengantisipasi pengurangan penggunaan jumlah khlor dalam pemutihan pulp, pemasakan berlanjut, dan delignifikasi oksigen sangat membantu dalam mengurangi jumlah polutan. Proses pemutihan menggunakan teknologi ECF akan mengurangi emisi AOX sampai 90%. Di samping ECF, pemutihan dengan TCF juga telah diaplikasikan secara komersial, khususnya di beberapa negara Scandinavia, walaupun kenyataan menunjukkan bahwa teknologi ini secara ekonomi tidak fisibel.

f. Akibat Polusi pada Lingkungan Pertanian

1. Punahnya Spesies

Sebagaimana telah diuraikan, polutan berbahaya bagi biota air dan darat. Berbagai jenis hewan mengalami keracunan, kemudian mati. Berbagai spesies hewan memiliki kekebalan yang tidak sama. Ada yang peka, ada pula yang tahan. Hewan muda, larva merupakan hewan yang peka terhadap bahan pencemar. Ada hewan yang dapat beradaptasi sehingga kebal terhadap bahan pencemar., adpula yang tidak. Meskipun hewan beradaptasi, harus diketahui bahwa tingkat adaptasi hewan ada batasnya. Bila batas tersebut terlampaui, hewan tersebut akan mati.

2. Peledakan Hama

Penggunaan insektisida dapat pula mematikan predator. Karena predator punah, maka serangga hama akan berkembang tanpa kendali.

3. Gangguan Keseimbangan Lingkungan

Punahnya spesies tertentu dapat mengubah pola interaksi di dalam suatu ekosistem. Rantai makanan, jaring-jaring makanan dan aliran energi menjadi

berubah. Akibatnya, keseimbangan lingkungan terganggu. Daur materi dan daur biogeokimia menjadi terganggu.

4. Kesuburan Tanah Berkurang

Penggunaan insektisida mematikan fauna tanah. Hal ini dapat menurunkan kesuburan tanah. Penggunaan pupuk terus menerus dapat menyebabkan tanah menjadi asam. Hal ini juga dapat menurunkan kesuburan tanah. Demikian juga dengan terjadinya hujan asam.

5. Keracunan dan Penyakit

Orang yang mengkonsumsi sayur, ikan, dan bahan makanan tercemar dapat mengalami keracunan, ada yang mengalami kerusakan hati, ginjal, menderita kanker, kerusakan susunan saraf, ada yang menyebabkan cacat pada keturunannya, bahkan ada yang meninggal dunia,

6. Pemekatan Hayati

Proses peningkatan kadar bahan pencemar melewati tubuh makhluk dikenal sebagai pemekatan hayati (dalam bahasa Inggrisnya dikenal sebagai *biomagnification*).

7. Terbentuknya Lubang Ozon dan Efek Rumah Kaca

Terbentuknya lubang ozon dan terjadinya efek rumah kaca merupakan permasalahan global yang dirasakan oleh semua umat manusia. Hal ini disebabkan karena bahan pencemar dapat tersebar dan menimbulkan dampak di tempat lain.

Usaha-usaha Mencegah Pencemaran Lingkungan

1. Menempatkan daerah industri atau pabrik jauh dari daerah perumahan atau pemukiman penduduk.
2. Pembuangan limbah industri diatur sehingga tidak mencemari lingkungan atau ekosistem.
3. Pengawasan terhadap penggunaan jenis-jenis pestisida dan zat kimia lain yang dapat menimbulkan pencemaran lingkungan.
4. Memperluas gerakan penghijauan.
5. Tindakan tegas terhadap pelaku pencemaran lingkungan.

6. Memberikan kesadaran terhadap masyarakat tentang arti lingkungan hidup sehingga manusia lebih mencintai lingkungan hidupnya.

Tugas :

Kerjakan bersama kelompokmu :

Bahan pencemar apa saja yang menyebabkan gangguan kesehatan manusia di tempat kerja ?

F. Teknik Penganggulangan dan Pencegahan Polusi

Cara Mengatasi Polusi Air adalah:

1. Mempertahankan sumber air bersih tetap tidak terkontaminasi
Sumber air bersih harus dipertahankan bersih dan tidak tercemar
2. Menanam tanaman berkayu
Tanaman yang berkayu dapat menyerap air sumur. Pasokan air merupakan sumber daya bagi lahan dapat dipertahankan.
3. Larangan membuang sampah ke sungai
Jika limbah rumah tangga dibuang ke sungai akan mencemari sungai, akibatnya sungai menjadi sangat kotor dan tercemar. Pendangkalan sungai pun terjadi, sehingga dapat menyebabkan banjir. Banjir mengalirkan air yang terkontaminasi ke daerah perumahan dan dapat menyebabkan wabah penyakit, seperti diare dan penyakit kulit.
4. Daur ulang sampah
Sampah yang dapat didaur ulang harus didaur ulang. Jangan membuang sampah ke sungai atau selokan.
5. Penyuluhan pembuangan limbah industri
Pengusaha industri yang mengeluarkan limbah cair harus diberi konseling agar melakukan pengolahan limbah terlebih dahulu sebelum dibuang ke sungai.
Mempertahankan kontrol ketat dari pemerintah karena hingga saat ini masih banyak industri yang membuang limbah cair ke sungai.
6. Konseling bagi pengguna transportasi laut
Bagi masyarakat pengguna transportasi laut harus diberikan konseling untuk memastikan kendaraan mereka tidak bocor sehingga tidak mencemari laut.
7. Peraturan yang tegas kepada pengusaha minyak

Peraturan ini dibuat agar tidak membuat kilang minyak di dekat pemukiman.

Kilang minyak didirikan sejauh mungkin dari daerah pemukiman, agar tidak membahayakan masyarakat sekitar. Jika ada kebocoran minyak yang mencemari laut, hewan laut akan ekosistem terganggu.

8. Pemerintah harus membuat aturan yang ketat untuk pembuangan limbah beracun. Dengan peraturan yang ketat, maka pengusaha akan berpikir berkali-kali untuk membuang limbah cair. Biaya pengolahan limbah yang mahal telah menjadi risiko mereka sebagai pengusaha.

Secara ringkas pencegahan polusi adalah

1. Mengurangi bahan yang dapat menjadi sumber pencemar (*reduce*)
 - a. Mengurangi pemakaian kendaraan bermotor
 - b. Menggunakan kendaraan yang ramah lingkungan
 - c. Membeli/menggunakan barang yang memang dibutuhkan
 - d. Menggunakan pupuk dan insektisida secukupnya
 - e. Menghindari penggunaan deterjen secara berlebihan
2. Memakai ulang (*Re-use*)
 - a. Menggunakan barang isi ulang
 - b. Gelas/botol plastik dikumpulkan, kembalikan ke pengepul untuk di daur ulang
3. Daur ulang (*re-cycle*)

Kertas daur ulang dan pelet jerami adalah contoh daur ulang

RANGKUMAN

Zat atau bahan yang dapat mengakibatkan pencemaran di sebut polutan. Syarat-syarat suatu zat disebut polutan bila keberadaannya dapat menyebabkan kerugian terhadap makhluk hidup. Contohnya, karbon dioksida dengan kadar 0,033% di udara berfaedah bagi tumbuhan, tetapi bila lebih tinggi dari 0,033% dapat memberikan efek merusak.

Suatu zat dapat disebut polutan apabila :

1. Jumlahnya melebihi jumlah normal.
2. Berada pada waktu yang tidak tepat.
3. Berada di tempat yang tidak tepat.

Berdasarkan sifatnya, polutan dapat dibedakan menjadi 2 (dua), yaitu:

1. Polutan biodegradable adalah polutan yang dapat diuraikan oleh proses alam.

Contoh: kayu, kertas, bahan, sisa makanan, sampah, dan dedaunan

2. Polutan non biodegradable adalah polutan yang tidak dapat diuraikan oleh proses alam, sehingga akan tetap berada pada lingkungan tersebut untuk jangka waktu yang sangat lama.

Contoh: gelas, kaleng, pestisida, residu radioaktif, dan logam.

Menurut tempat terjadinya, pencemaran dibedakan menjadi pencemaran udara, air, dan tanah.

a. Pencemaran Udara

Pencemaran udara disebabkan oleh asap buangan, misalnya gas CO₂ hasil pembakaran, SO, SO₂, CFC, CO, dan asap rokok.

b. Pencemaran Air

Pencemaran air adalah peristiwa masuknya zat, energi, unsur, atau komponen lainnya ke dalam air sehingga menyebabkan kualitas air terganggu. Kualitas air yang terganggu ditandai dengan perubahan bau, rasa, dan warna.

c. Pencemaran tanah

Pencemaran tanah dapat diakibatkan oleh sampah-sampah rumah tangga, pasar, industri, kegiatan pertanian, dan peternakan.

Dampak

Akibat yang ditimbulkan oleh pencemaran udara antara lain:

- * Terganggunya kesehatan manusia, seperti batuk dan penyakit pernapasan (bronkhitis, emfisema, dan kemungkinan kanker paru-paru).
- * Rusaknya bangunan karena pelapukan, korosi pada logam, dan memudarnya warna cat.
- * Terganggunya pertumbuhan tanaman, seperti menguningnya daun atau kerdilnya tanaman akibat konsentrasi SO₂ yang tinggi atau gas yang bersifat asam.

Adanya peristiwa efek rumah kaca (*green house effect*), dapat menaikkan suhu udara secara global serta dapat mengubah pola iklim bumi dan mencairkan es di kutub. Bila es meleleh, maka permukaan laut akan naik sehingga mempengaruhi keseimbangan ekologi.

- * Terjadinya hujan asam yang disebabkan oleh pencemaran oksida nitrogen.

Akibat yang ditimbulkan oleh pencemaran air antara lain;

1. Terganggunya kehidupan organisme air karena berkurangnya kandungan oksigen.
2. Terjadinya ledakan populasi ganggang dan tumbuhan air

3. Pendangkalan dasar perairan.
4. Punahnya biota air, misalnya ikan, yuyu, udang, dan serangga air.
5. Munculnya banjir akibat got tersumbat sampah.
6. Menjalarnya wabah muntaber.

Akibat yang ditimbulkan oleh pencemaran tanah antara lain

- a. Terganggunya kehidupan organisme (terutama mikroorganisme dalam tanah).
- b. Berubahnya sifat kimia atau sifat fisika tanah sehingga tidak baik untuk pertumbuhan tanaman,
- c. Mengubah dan mempengaruhi keseimbangan ekologi.

Pengolahan Sampah Organik

- a. *Sanitary Landfill*

Sanitary landfill merupakan istilah dari bahasa Inggris yang berarti pembuangan akhir sampah di suatu area terbuka skala besar secara “sehat” atau saniter.

- b. *Incinerasi*

Incinerasi adalah proses pembakaran sampah yang terkendali menjadi gas dan abu. Alat *incinerasi* disebut incinerator. Gas yang dihasilkan adalah karbondioksida dan gas-gas yang lain yang kemudian dilepaskan ke udara

- c. Teknologi Pengkomposan

Pengkomposan adalah proses biologi yang dilakukan oleh mikroorganisme untuk mengubah limbah padat organik menjadi produk yang stabil menyerupai humus.

- d. Briket Sampah

Sampah organik yang bersifat keras seperti ranting dan batok kelapa dapat dijadikan briket bahan bakar

- e. Digestor Anaerobik

Sampah organik dapat difermentasikan di ruang tertutup (reaktor/digestor) secara anaerobik untuk menghasilkan biogas

- f. Pelet Pakan Ternak

Sisa-sisa makanan dari warung makan atau restoran dapat dimanfaatkan menjadi pelet

Uji Kompetensi

SOAL

1. Berikut ini yang bukan merupakan contoh polutan air adalah
 - a. asap kendaraan bermotor
 - b. tumpahan oli di laut oleh kapal tanker
 - c. detergen
 - d. membuang limbah ke sungai
 - e. penggunaan pupuk
2. Manfaat dari mendaur ulang suatu barang bekas atau limbah adalah sebagai berikut, kecuali
 - a. mencegah pencemaran yang lebih parah dari limbah yang dihasilkan
 - b. menghemat penggunaan sumber daya alam
 - c. ikut menjaga keseimbangan ekosistem lingkungan hidup
 - d. mengurangi jumlah limbah yang dihasilkan
 - e. tingginya polusi yang dihasilkan dari daur ulang limbah tersebut sangat membahayakan
3. Salah satu usaha yang dapat dimulai untuk mengurangi pencemaran udara adalah
 - a. mengurangi penggunaan kendaraan bermotor
 - b. tidak membuang limbah sembarang
 - c. memisahkan limbah organik dan anorganik
 - d. mendaur ulang limbah atau barang bekas
 - e. mengurangi penggunaan barang yang terbuat dari plastik
4. Berikut yang termasuk polusi udara adalah
 - a. asap dari kebakaran hutan
 - b. naiknya suhu bumi
 - c. *blooming* alga
 - d. suara bising di pabrik-pabrik
 - e. konsentrasi DDT dalam sayuran
5. Polutan di bawah ini yang akan menimbulkan hujan asam adalah
 - a. SO_2 , NO_2
 - b. CFC, NO
 - c. SO_2 , CO_2
 - d. CO_2 , CO
 - e. NO, CO_2

6. Sampah plastik tidak dapat diuraikan oleh mikroorganisme. Untuk memperkecil kadar polusinya dapat dilakukan dengan cara
 - a. menghindari produksi bahan jadi dari bahan baku plastik
 - b. sampah plastik di daur ulang
 - c. melarang masyarakat menggunakan plastik
 - d. mengumpulkan sampah plastik dan ditempatkan di lokasi yang aman.
 - e. membakar sampah plastik
7. Berikut ini adalah indikator-indikator suatu perairan yang tercemar,kecuali
 - a. berbau
 - b. berasa
 - c. Berwarna
 - d. keruh
 - e. kurang oksigen
8. Kalau terjadi pencemaran insektisida pada ekosistem air tawar, dalam beberapa tahun kadar bahan yang paling tinggi akan didapatkan dalam
 - a. air
 - b. tubuh karnivor
 - c. tumbuhan air
 - d. tubuh herbivor
 - e. tubuh serangga air
9. Pengolahan sampah organik dapat dilakukan dengan beberapa cara di bawah ini, kecuali....
 - a.Pembuatan briket sampah
 - b.Pelet pakan ternak
 - c. Kompos
 - d.Biogas
 - e.Blue gas
10. Berikut ini yang tidak termasuk sampah organik adalah....
 - a. daun
 - b. batang pisang
 - c. pecahan kaca
 - d. tumpahan susu
 - e. rumput

DAFTAR PUSTAKA

- Campbell, N.A., J.B.Reece, L.G.Mitchell.2006. Biologi Jilid 5.Penerbit Erlangga (edisi Indonesia) 438 hal
- Ernawati, T.H.Kurniawati, N.Sartono.M.Miarsyah.2010. Biologi. Kelompok Kesehatan dan Pertanian. Penerbit Erlangga.214hal.
- Ferdinand, F. Dan M.Ariebowo. 2009. Praktis Belajar Biologi 3 Kelas XII Sekolah Menengah Atas/Madrasah Aliyah Program Ilmu Pngetahuan Alam.Pusat Perbukuan, Departemen Pendidikan Nasional, Jakarta. 194 hal.
- Fitter, A.H. dan R.K.M.Hay.1994. *Fisiologi Lingkungan Tanaman*. Gajah Mada University Press, Yogyakarta. (Terjemahan oleh Sri Andani dan E. D. Purbajanti).
- Indrianto, A.2003. Kultur Jaringan Tumbuhan Fakultas Biologi UGM, Yogyakarta.135 hal
- Nurchahyo,H. 2007. Diktat Bioteknologi. Jurusan Pendidikan Biologi, FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta.
- Nurhayati, N., Y.Unayah.B.Prayitno.2015. Buku siswa Biologi untuk SMA/MA Kelas XII Kelompok Peminatan Matematika dan Ilmu Alam. Penerbit Yrama Widya .316 hal
- Pratiwi, D.A., S.Maryati, Srikini, Suharno, Bambang S.2013. Biologi untuk SMA/MA Kelas XII Kelompok Peminatan Matematika dan Ilmu Alam. Pener bit Erlangga. 292 hal
- Purbajanti,E,D,. A.Darmawati, E.Fuskhah.2014. IbM bagi kelompok Ternak Sapi Perah Desa Nogosaren, Kecamatan Getasan Kabupaten Semarang. Laporan Pengabdian IbM Universitas Diponegoro.
- Putra, R.E., dan N.Nurhayati.2015. Biologi berbasis Pendidikan Karakter Bangsa untuk SMA/MS kelas XII. Penerbit Sewu (Sr Ikandi Empat Widya Utama) 358 hal
- Saktiyono.2008. Seribu Pena Biologi SMA Kelas XI Jilid 2 Penerbit Erlangga.150 hal
- Schmid, R.D.2003. Pocket Guide to Biotechnology and Genetic Engineering. Wiley-VCH, Weinheim
- Siregar, A.Z., U.W. Suharsono, H.Akmal, Hadisunarso,Sulistijorini, N. Sukarno, A.Merdiyani,T.H. Widarto,R.R.D. Perwitasari .2008. Biologi Pertanian Jilid 1 untuk SMK Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional.
- Sumarno. 2007. Teknologi Revolusi Hijau Lestari untuk Ketahanan Pangan Masa Depan. download.portalgaruda.org/article.php?...Teknologi%20Revolusi%20Hij...
- Vunjack-Novakovic, G. And R.I.Freshney.2006. Culture of Cells for Tissue Engineering in Culture of Specialized Cells. Freshney ed.John Wiley and Sons, New Jersey.
- Wahyono,S.2001. Pengolahan Sampah Organik dan Aspek Sanitasi.Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan BPPT 113-118. kelair.bppt.go.id/Jtl/2001/vol2-2/01organik.pdf

Pustaka lainnya

- elisa.ugm.ac.id/user/archive/.../6648d922b256fbacafd3289de451e98c, akses tanggal 1Mei 2016 jam 20.12
- file.upi.edu/Direktori/FPIPS/JUR.../BAB_3_EKOSISTEM.pdf
- maharajay.lecture.ub.ac.id/files/2013/06/ekosistem-2.pdf
- web.unair.ac.id/admin/file/f_20025_7c.pdf

biogen.litbang.pertanian.go.id/terbitan/pdf/agrobio_6_1_01-07.pdf
 Irsal Las. Revolusi Hijau Lestari untuk Ketahanan Pangan ke Depan.pdf
 new.litbang.pertanian.go.id/.../pdf/Revolusi%20Hijau%20Lestari%20unt... akses tanggal
 1 Mei 2016 jam 20.22
 ekologi dan konsep ekosistem - Direktori File UPI
 file.upi.edu/.../EKOLOGI_DAN_KONSEP_EKOSISTEM.pdf
 prinsip-prinsip ekologi ekosistem - Universitas Airlangga
 web.unair.ac.id/admin/file/f_20025_7c.pdf
 Ekologi dan Ekosistem
 dosen.narotama.ac.id/.../modul-2-hubungan-ekologi-ilmu-lingkungan-d... akses tanggal 3
 Mei 2016 jam 5.11
 Handout Ekologi.pdf
 staff.uny.ac.id/sites/default/files/Handout%20Ekologi_0.pdf
 Ekologi Dan Konsep Ekosistem - Scribd
 https://www.scribd.com/doc/99773884/Ekologi-Dan-Konsep-Ekosistem-dasar2 ekologi,
 akses tanggal 2 Mei 2016 jam 9.07
 www.unhas.ac.id/pplh/wp-content/uploads/.../DASAR2-EKOLOGI1.pdf
 pengelolaan sampah - Direktori File UPI
 file.upi.edu/.../Pengelolaan.../BAB_6_PENGELOLAAN_SAMPAH.pdf
 pengolahan sampah organik dan aspek sanitasi - Kelompok ...
 kelair.bppt.go.id/Jtl/2001/vol2-2/01organik.pdf
 evolusi fotosintesis pada tumbuhan - E-Journal Universitas Sam ...
 ejournal.unsrat.ac.id/index.php/JIS/article/download/398/320
 Vegetasi Alami - Direktori File UPI
 file.upi.edu/Direktori/FPIPS/JUR._PEND.../VEGETASI_ALAMI.pdf
 www.google.co.idakses tanggal3 Mei 2016 jam 19.21
 Vegetasi - Wikipedia bahasa Indonesia, ensiklopedia bebas
 https://id.wikipedia.org/wiki/Vegetasiakses tanggal 3 Mei 2016 jam 19.17
 http://pollutiononmyearth.weebly.com/pencemaran-air.htmlakses tanggal 3 Mei 2016 jam
 19.10
 http://agroteknologi.web.id/pengertian-dan-definisi-persilangan-atau-hibridisasi-pada-
 tanaman/akses tanggal 3Mei 2016 jam 19.13
 http://balitsa.litbang.pertanian.go.id/ind/images/Iptek%20Sayuran/04.pdfakses tanggal 23
 Mei 2016 jam 10.11
 https://aryaagh.files.wordpress.com/2014/10/hibridisasi-buatan-cabai.pdfakses tanggal 23
 Mei 2016 jam 8.17
 http://eprints.ung.ac.id/4431/5/2013-1-54411-611310010-bab2-
 01082013054340.pdfakses tanggal 23 Mei 2016 jam 6.00
 listpdf.com/te/teknik-persilangan-pdf.html
 pttipb.wordpress.com
 web.unair.ac.id/admin/file/f_20025_7l.doc
 https://id.wikipedia.org/wiki/Pengenalan_evolutionakses tanggal 1 Mei 2016 jam 6.23
 Ana Ratna Wulan. Bahan kuliah Evolusi. Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung.
 http://belajar.ditpsmk.net/wp-content/uploads/2014/09/Reproduksi-Hewan-1.pdfakses
 tanggal 2 Mei 2016 jam 9.02 akses tanggal 11 Mei 2016 jam 7.57
 http://file.upi.edu/Direktori/SPS/PRODI.PENDIDIKAN_IPA/195107261978032-
 FRANSISCA_SUDARGO/modul_UT/Model_Buku_Sains_SMP_%28Biologi%29/Kelas
 _VIII/Bab._4-
 VIII_Sistem_Gerak_Pada_Manusia_dan_Vertebrata_%28Sisca%29.pdfakses tanggal 11
 Mei 2016 jam 9.17

<http://www.informasi-pendidikan.com/2015/02/sistem-gerak-pada-hewan-vertebrata.html>, akses tanggal 30 April 2016 jam 21.15
<http://1001budidaya.com/membuat-pakan-sapi/> akses tanggal 2 Mei 2016 jam 9.02
<http://www.kebun-hydroponik.tk/2014/06/cara-membuat-briket-sampah-organik.html>
 Oleh Drh Wiendarti Indri Werdhany, MSi (bptp-Diy)
www.gerbangpertanian.com/2012/.../3-bahan-utama-pembuatan-mol.html akses tanggal 2 Mei 2016 jam 11.22
<https://www.sipendik.com/cara-praktis-budidaya-jamur-merang-di-rumah>. akses 23 Agt 2015
<https://rumahmesinblog.wordpress.com/2015/04/23/cara-pembuatan-pakan-ternak-lele-organik-dari-bulu-ayam/> akses tanggal 2 Juli 2016 jam 21.09
<http://www.organikilo.co/2014/12/nutrisi-tepung-bulu-ayam-sumber-protein.html> akses tanggal 13 Juni 2016 jam 12.12
<https://ugm.ac.id/.../2767-mahasiswa.ugm.sukses.memanfaatkan.limbah....> akses tanggal 3 Mei 2016 jam 00.34
<https://nurullathifah.wordpress.com/2011/07/07/limbah-organik-anorganik-dan-b3/> akses tanggal 6 Mei 2016 jam 23.11
<https://belajar.kemdikbud.go.id/SumberBelajar/tampilajar.php?ver=11&idmateri=346&mn=Materi6&kl=10> akses tanggal 7 Mei 2016 jam 4.06.
<http://mariamasihidup.blogspot.co.id/2014/04/> akses tanggal 7 Mei 2016 jam 2.39.
<http://farof.blogspot.co.id/2016/02/perbedaan-rantai-makanan-dan-jaring.html> akses tanggal 7 Mei 2016 jam 2.44
<http://www.zakapedia.com/2014/09/macam-macam-ekosistem-perairan.html> akses tanggal 7 Mei 2016 jam 2.50.
http://pemandianbektiharjo.blogspot.co.id/2011/12/potlot-adventure_30.html akses tanggal 7 Mei 2016 jam 5.11
<http://taugaksih.com/11-wisata-paling-indah-di-dunia-yang-wajib-dikunjungi/> akses tanggal 7 Mei 2016 jam 5.11
<http://www.softilmu.com/2014/01/pengertian-dan-komponen-ekosistem.html> akses tanggal 24 Agustus 2017, jam 18.41.
<http://pramuka-tanjunganom.blogspot.co.id/2017/05/cara-membuat-pupuk-organik-dari-sampah.html> akses tanggal 2 Juni 2016, jam 22.01.
<https://news.okezone.com/read/2010/08/08/340/360902/warga-protos-limbah-pabrik-rokok> akses tanggal 2 Juni 2016, jam 22.11.
<http://ayobandung.com/read/20170129/64/15729/kajian-limbah-industri-jadi-unsur-terbesar-pencemaran-sungai-di-cimahi> akses tanggal 2 Juni 2016, jam 22.15.
<http://www.jhonlinmagz.com/limbah-b3-dan-bagaimana-cara-penanggulannya-oleh-she-jhonlin-group/> akses tanggal 2 Juni 2016, jam 22.19.
www.mesmarket.com akses tanggal 2 Juni 2016, jam 22.22.
<http://kesmaskesling.blogspot.co.id/2015/01/briket-sampah.html> akses tanggal 2 Juni 2016, jam 22.30.
<http://indojamur.com/jamur-kancing/> akses tanggal 2 Juni 2016, jam 22.34.
<https://oemahjamur.blogspot.co.id/> akses tanggal 2 Juni 2016, jam 22.40
<https://organikilo.co/2014/12/cara-mengolah-bulu-ayam-menjadi-tepung-untuk-ransum.html> akses tanggal 2 Juni 2016, jam 22.44
<http://lifestyle.okezone.com/read/2013/04/07/304/787660/daging-alot-masak-dengan-panci-presto> akses tanggal 2 Juni 2016, jam 22.50

<https://organikilo.co/2014/12/cara-mengolah-bulu-ayam-menjadi-tepung-untuk-ransum.html>.
 akses tanggal 2 Juni 2016, jam 22.53.

<https://www.google.co.id/search?q=pembuatan+KEMOCENG&biwakses> tanggal 2 Juni 2016, jam 22.55.

https://www.google.co.id/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjUxKO2sYjOAOhVGOI8KHSOBDXAQjB0IBg&url=http%3A%2F%2Ftrickandy.blogspot.com%2F2015%2F05%2Fcara-membuat-suplemen-kalsium-dari.html&psig=AFQjCNHaSW2juQrvOySe8_Ezmkd12S7K_w&ust=1469322066625077 akses tanggal 2 Juni 2016, jam 22.57

<http://1001indonesia.net/kawasan-ekosistem-leuser-penyangga-kehidupan-manusia/> akses tanggal 2 Juni 2016, jam 23.00

<https://mauhub.wordpress.com/2014/02/26/air-yang-berubah-dan-air-musyammah/> akses tanggal 2 Juni 2016, jam 23.05

<http://kebudayaan.kemdikbud.go.id/bpcbbanten/2017/02/22/peranan-air-dalam-kehidupan-masa-prasejarah/> akses tanggal 25 Agustus 2017, jam 04.56.

<https://www.emaze.com/@AIQLLWIO/What%27s-the-Dirt-on-Soil> akses tanggal 25 Agustus 2017, jam 05.03.

<http://brangkasbejubel.blogspot.co.id/2013/05/geografi-kelas-10-profil-tanah.html> akses tanggal 25 Agustus 2017, jam 05.11.

<https://www.studyblue.com/notes/note/n/chapter-4-exercise-zones-altitude-and-latitude/deck/5581626> akses tanggal 25 Agustus 2017, jam 05.18.

<http://www.coroflot.com/polinafearon/Scientific-Illustration> akses tanggal 25 Agustus 2017, jam 05.19.

<http://ekosistemrantaimakanan.blogspot.co.id/2016/03/komponen-biotik-dan-abiotik-dalam.html> akses tanggal 25 Agustus 2017, jam 05.28.

<http://www.gurupendidikan.co.id/tag/contoh-produsen/> akses tanggal 25 Agustus 2017, jam 05.34.

<http://inhabitat.com/tag/algae/> akses tanggal 25 Agustus 2017, jam 05.37.

<http://www.gettyimages.com/photos/diatom?excludenudity=true&sort=mostpopular&mediatype=photography&phrase=diatom> akses tanggal 25 Agustus 2017, jam 05.39.

<http://burhuan.blogspot.co.id/2012/12/wirusaha-ternak-kelinci.html> akses tanggal 25 Juli 2016, jam 17.32.

<http://www.gurupendidikan.co.id/hewan-karnivora-pengertian-dan-ciri-beserta-contohnya-secara-lengkap/> akses tanggal 25 Agustus 2017, jam 05.56.

<http://www.temukanpengertian.com/2015/08/pengertian-dekomposer.html> akses tanggal 25 Juli 2016, jam 17.35.

<http://budisma.net/2015/03/pengertian-dekomposer.html> akses tanggal 25 Juli 2016, jam 17.38.

<http://www.ebiologi.com/2015/06/ekosistem-gurun-atau-ekosistem-padang.html>, akses tanggal 25 Juli 2016, jam 17.40.

<http://pak.pandani.web.id/2016/08/jelaskan-perbedaan-ciri-biotik-dan.html> akses tanggal 25 Juli 2016, jam 17.43.

<http://www.gurugeografi.id/2016/12/bioma-hutan-hujan-dan-cirinya.html> akses tanggal 12 Juni 2016, jam 17.51.

<http://www.ebiologi.com/2015/06/ekosistem-darat-ini-7-bioma-yang-paling.html> akses tanggal 12 Juni 2016, jam 17.53.

<https://geograph88.blogspot.co.id/2013/01/bioma-dan-jenisnya.html> akses tanggal 12 Juni 2016, jam 18.00..

<http://www.bioenciclopedia.com/> akses tanggal 12 Juni 2016, jam 20.05.
<https://www.slideshare.net/devin2011/ppt-efek-rumah-kaca> akses tanggal 12 Juni 2016, jam 20.10.
<http://www.ebiologi.com/2015/07/pencemaran-udara-pengertian-penyebab.html> akses tanggal 12 Juni 2016, jam 20.12.
<http://schzimmyderry.blogspot.co.id/2013/10/pengertian-siklus-sulfur-dan-proses.html> akses tanggal 12 Juni 2016, jam 20.20.
<http://cuversblog.blogspot.co.id/2016/03/penyebab-goncangan-pesawat-ketika-masuk.html> akses tanggal 9 Juni 2016, jam 07.09.
<http://www.kuttabku.com/2016/11/proses-rantai-makanan-jaringan-makanan-piramida-ekologi-dan-daur-biogeokimia-dalam-ekosistem.html> akses tanggal 9 Juni 2016, jam 07.12.
<http://bandung.bisnis.com/read/20160306/82444/551308/jumlah-lahan-di-jabar-yang-tercemar-limbah-pabrik-capai-105.000-ha> akses tanggal 21 Mei 2016 jam 09.02.
<http://kesmaskesling.blogspot.co.id/2015/01/briket-sampah.html> akses tanggal 21 Mei 2016 jam 09.16

GLOSARIUM

Aerob

Membutuhkan oksigen untuk memperoleh energi.

Anaerob

Tidak membutuhkan oksigen untuk memperoleh energi.

Anaerob fakultatif

Dapat hidup baik ada oksigen maupun tidak.

Anaerob obligat

Hanya dapat hidup jika tidak ada oksigen.

Auksanometer

Busur pertumbuhan, untuk mengukur pertumbuhan tanaman.

Bioma

Ekosistem darat dalam skala luas yang memiliki tipe struktur vegetasi dominan.

Biomassa

Berat kering dari bahan organik yang tersimpan atau kering tubuh organik.

Bioteknologi

Pemanfaatan prinsip-prinsip ilmiah dan rekayasa terhadap organisme, sistem, atau proses biologis untuk menghasilkan atau meningkatkan potensi organisme maupun menghasilkan produk dan jasa bagi kehidupan manusia.

Difusi

Proses perpindahan partikel gas atau cairan dari konsentrasi tinggi ke konsentrasi rendah sehingga mencapai titik keseimbangan.

Dinding sel

Bagian di luar membran sel tumbuhan atau bakteri, yang tersusun atas selulosa, hemiselulosa, dan pectin. Dinding sel berfungsi untuk memberi bentuk pada sel.

Ekologi

Cabang ilmu pengetahuan tentang hubungan timbal balik antara makhluk hidup dan lingkungannya; termasuk di dalamnya perkembangan komunitas, interaksi antar jenis dan antar makhluk, penyebaran geografis, dan perubahan susunan peralihan populasi.

Etiolasi

Pertumbuhan yang cepat ditempat yang gelap.

Evolusi

Proses kompleks pewarisan sifat organisme yang berubah dari generasi ke generasi dalam kurun waktu jutaan tahun.

Fermentasi

Perubahan enzimatik dan anaerobik dari substansi organik oleh mikroorganisme untuk menghasilkan zat organik untuk lebih sederhana.

Fotosintesis

Kemampuan dalam menggunakan zat karbon dari udara untuk diubah menjadi bahan organik serta diasimilasi dalam tubuh tumbuhan dengan energi cahaya.

Imbibisi

Masuknya air secara pasif ke dalam biji sehingga biji mengembang.

Jaring-jaring makanan

Hubungan makan dan di makan dalam suatu ekosistem yang sangat kompleks, saling berkaitan dan bercabang.

Katabolisme

Proses pembongkaran.

Klasifikasi

Pengelompokan makhluk hidup berdasarkan persamaan dan perbedaan diri.

Komensalisme

Kehidupan bersama dua spesies, satu spesies diuntungkan sedangkan spesies lain tidak diuntungkan, juga tidak dirugikan.

Komunitas

Populasi-populasi dari berbagai jenis organism yang berinteraksi pada suatu tempat tertentu.

Krista

Membran dalam mitokondria yang berlekuk-lekuk, sebagai tempat terjadinya rantai respirasi sel.

Konidiospora

Spora yang dihasilkan oleh suatu struktur khusus yang disebut konidium, konidium dibentuk di ujung atau di sisi suatu hifa.

Linkage

Suatu keadaan gen-gen yang alelnya tidak menyatu.

Liosom

Organel yang mengandung enzim hidrolitik, berperan dalam pencernaan intraseluler.

Meristem

Sel yang selalu mengadakan pembelahan.

Mieloma

Sejenis kanker ganas yang membelah terus.

Mikorhiza

Simbiosis antara fungi dengan tumbuhan tingkat tinggi.

Monosakarida

Gula sederhana dengan rumus molekul pada umumnya merupakan kelipatan dari CH_2O .

Mutualisme

Kehidupan bersama dua jenis spesies dan saling menguntungkan.

Oksidasi

Pelepasan elektron atau penambahan oksigen.

Osmosis

Perpindahan molekul terlarut dari larutan berkonsentrasi tinggi ke larutan berkonsentrasi rendah melalui membran semipermeabel.

Pati

Polisakarida cadangan pada tumbuhan yang terdiri atas glukosa.

Piramida biomassa

Tingkat trofik yang menunjukkan berat kering dari seluruh organisme di tingkat trofik tersebut pada suatu waktu.

Piramida ekologi

Struktur tropik suatu ekosistem.

Piramida energi

Tingkatan tropik yang menunjukkan energi dari seluruh organism di tingkat tropik tertentu pada suatu waktu.

Piramida jumlah

Jumlah individu pada setiap tingkat tropik Polutan ; Makhluk hidup, zat, energi, atau komponen penyebab pencemaran.

Populasi

Kumpulan individu dari organisme sejenis yang hidup dan berkembang biak pada suatu tempat tertentu.

Predator

Organisme yang memakan organisme lain.

Produktivitas ekosistem

Pemasukan dan penyimpanan energi dalam suatu ekosistem.

Produktivitas primer

Kecepatan mengubah energi cahaya matahari menjadi energi kimia dalam bentuk bahan organik, yang dilakukan oleh organisme autotrof.

Produktivitas sekunder

Kecepatan energi kimia mengubah bahan organik menjadi simpanan energi kimia baru, oleh organism heterotrof.

Produsen

Organisme yang menyusun senyawa organik atau membuat makanan sendiri dengan bantuan cahaya matahari.

Rantai makanan

Jalur makanan dan dimakan dari organisme pada suatu tingkat tropik ke tingkat tropik berikutnya membentuk urutan dan arah tertentu.

Respirasi aerob

Proses pernafasan yang membutuhkan oksigen dari udara.

Sel

Unit struktural dan fungsional terkecil yang menyusun tubuh makhluk hidup.

Stomata

Mulut daun pada epidermis daun yang diapit oleh dua sel penjaga, berperan dalam penyerapan karbon dioksida.

Struktur trofik

Peristiwa makan dan dimakan antar organisme dalam suatu ekosistem, yang terdiri dari tingkat-tingkat trofik.

Substrat

Suatu zat atau bahan yang diubah menjadi bahan lain yang baru.

Suksesi

Perubahan secara bertahap pada struktur komunitas.

Transpirasi

Proses keluarnya kelebihan air dari dalam tubuh tumbuhan melalui daun dalam bentuk uap air.

Xylem

Jaringan angkut yang berfungsi mengangkut air dan garam mineral dari akar ke seluruh tubuh tumbuhan.

INDEKS

A

Abiotik : 48, 49, 50, 51, 53, 68, 73, 79, 84, 94

Aerob : 14, 16, 17, 130

Alkalinitas 104

Anaerob : 14, 69, 94, 112,

Asam amino : 93, 161,

B

Biogas : 7, 117, 136, 147

Biotik : 48, 49, 51, 56, 60, 63, 65, 68, 73, 79, 81, 84, 94, 115, 125,

BOD : 5, 104, 112, 113,

D

Dekomposes : 56, 59, 60, 79, 93

Detritivor : 59, 60, 61, 69

E

Efek rumah kaca : 101, 105, 107, 116, 118, 119, 120, 121, 124, 143, 146

Ekologi : 49, 75, 81, 94, 125,

Ekosistem : 48, 49, 50, 53, 54, 56, 57, 59, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 74, 75, 76, 77, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 91, 94, 95, 111, 114, 115, 116, 120, 126, 127, 130, 131, 132, 135, 142, 143, 144

Eutrofikasi : 11, 107, 127, 128

F

Faktor abiotik : 49, 94

Faktor biotik : 49, 56, 94

Fermentasi : 21, 22, 23, 33, 38, 41, 60

Fosil : 11, 90, 91, 92, 93, 105, 117, 118, 121,

Fotosintesis : 17, 51, 52, 56, 57, 68, 69, 88, 90, 91, 114, 117, 123,

H

Habitat : 20, 50, 51, 53, 54, 68, 72, 74, 79, 82, 87, 133

Hujan asam : 10, 91, 94, 101, 103, 106, 107, 116, 123, 131, 137, 142, 146

I

Interaksi : 50, 67, 79, 142, 157

K

Karbohidrat : 57, 85, 89, 90, 91, 113, 128,

Komunitas : 50, 57, 68, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 79, 95, 96, 97, 122, 125, 157, 158

Konsumen : 12, 58, 60, 79, 85

L

Limbah anorganik : 7, 44, 46, 131

Limbah cair : 2, 10, 13, 15, 16, 17, 18, 44, 104, 126, 127, 131, 132, 144

Limbah organik : 6, 7, 10, 35, 44, 45, 46, 69, 148

Limbah padat : 2, 10, 11, 12, 45, 131, 132, 133, 147

M

Media : 17, 32, 33, 34, 35, 45, 89, 129, 136,

Mikroorganisme : 2, 7, 16, 17, 44, 52, 55, 60, 84, 90, 91, 104, 109, 114, 125, 128, 131, 132, 133, 135, 136, 137, 139, 146, 147, 148, 149

O

Oksidasi : 14, 47, 89, 94, 112, 113

P

Pertumbuhan : 11, 30, 32, 52, 54, 59, 74, 75, 107, 109, 123, 128, 146
Polusi air : 129, 143
Polusi udara : 100, 115, 116, 121, 122, 128, 138, 139, 148
Polutan : 15, 16, 47, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 106, 107, 108, 111, 121, 125, 126, 128, 129, 130, 139, 140, 141, 142, 145, 147, 148
Predator : 57, 69, 81, 126, 130, 135, 142
Produsen : 56, 57, 58, 59, 61, 79, 81, 83, 85, 90, 97, 152
R
Radiasi : 102, 106, 115, 119, 124
Reduksi : 90, 93, 94, 112
S
Suksesi primer sekunder : 75, 76,



ENDANG DWI PURBAJANTI. Penulis dilahirkan di Madiun pada tahun 1955. Pendidikan Sekolah Dasar (SD) Mojorejo 1, SMP Negeri 2 dan SMA Negeri 1 Madiun telah ditempuh penulis di kota kelahirannya. Jenjang pendidikan sarjana (S1) penulis tempuh di Institut Pertanian Bogor, Bogor dengan mengambil jurusan Agronomi. Pendidikan S2 ditempuh penulis di Universitas Padjadjaran Bandung dan pendidikan S3 diselesaikan penulis di Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Sejak tahun 1981 penulis menjadi staf pengajar Fakultas Peternakan dan Pertanian Universitas Diponegoro. Beberapa kali mendapatkan Hibah dari Ditjen DP3M Dikti Kemendikbud, yaitu Penelitian (Dosen Muda, Hibah Bersaing, Fundamental Research), Hibah Pengabdian kepada Masyarakat (Ipteks, Vucer, KKU) dan Hibah Penulisan Buku. Penulis pernah tergabung dalam Tim Penerjemahan Buku yang diterbitkan oleh Gadjah Mada University Press dengan dana Bank Dunia (Dasar-dasar Ilmu Tanah, 1988) dan penerjemahan buku Fisiologi Lingkungan Tanaman (1991, Gadjah Mada University Press). Buku hasil karya penulis yang telah diterbitkan adalah Usahatani Konservasi dalam Sistem Produksi Tanaman Pakan (2007, Penerbit UNDIP) dan Buku Ajar Ilmu Tanah dan Kesuburan (2012) , Buku Rumput dan Legum, sebagai hijauan pakan ternak (2013), Budidaya Tanaman Hias (2016), Teknik Budidaya Hidroponik (2017) .



Dr. Hermin Pancasakti Kusumaningrum, SSi., MSi lahir di Semarang, merupakan staf pengajar di Departemen Biologi Fakultas Sains dan Matematika di Universitas Diponegoro Semarang/ Penulis mendapat gelar Sarjana Sains dari Jurusan Biologi Universitas Diponegoro Semarang. Gelar Magister Sains diperoleh dari Jurusan Biologi FMIPA Institut Teknologi Bandung sedangkan gelar Doktor diperoleh dari Program Pascasarjana Universitas Gadjah Mada Yogyakarta bidang Bioteknologi. Penulis pernah menjabat sebagai Kepala Laboratorium Genetika tahun 2007-2016. Selain mengajar, penulis juga aktif

melakukan berbagai penelitian terkait dengan genetika, bioteknologi dan biologi molekuler. Penulis juga aktif di dalam penulisan jurnal ilmiah. Beberapa penghargaan telah

diterima penulis antara lain Mahasiswa Berprestasi FMIPa (1990), Juara Harapan I Dosen Berprestasi UNDIP (2008), Juara I Dosen Berprestasi FMIPA UNDIP (2008), Dosen Berprestasi I Tingkat UNDIP. Penulis beberapa mendapatkan Hibah dari Ditjen DP3M Dikti Kemendikbud, KKP3N Departemen Pertanian. Penulis telah menulis/menerbitkan buku antara lain Buku Ajar Genetika (Anggota Tim Penulis), Buku Ajar Biologi Molekuler (Anggota Tim Penulis), Petunjuk Praktikum Biologi Molekuler (Penulis Utama), The Excellence Research Diponegoro University 2010 hal : 91 – 94 . Produksi dan Pengembangan Pakan unggul Kaya Karotenoid Hasil Fusi protoplas, The Excellence Research Diponegoro University 2010 hal : 91 – 94. Produksi Biodiesel mikroalga, Buku Petunjuk Praktikum Genetika dan Buku Petunjuk Praktikum Rekayasa Genetika.



Prof. Dr. Ir. Muhammad Zainuri, DEA lahir di Semarang, merupakan staf pengajar di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Diponegoro Semarang. Penulis mendapat gelar Sarjana Sains dari Jurusan Perikanan Universitas Diponegoro Semarang. Pendidikan S2 dan S3 penulis dilakukan di Montpellier Perancis tahun 1988-1993 di bidang ekologi dan biologi populasi. Penulis aktif melakukan berbagai penelitian terkait dengan planktonologi, oseanografi biologi, zoologi laut, ekologi dan biologi populasi . Penulis juga aktif di dalam penulisan berbagai karya ilmiah.

Dalam lima tahun terakhir penulis telah menulis buku berjudul The Excellence Research Diponegoro University 2010 hal : 91 – 94 . Produksi dan Pengembangan Pakan unggul Kaya Karotenoid Hasil Fusi protoplas, The Excellence Research Diponegoro University 2010 hal : 91 – 94. Produksi Biodiesel mikroalga.



AGUS SETIADI. Penulis dilahirkan di Semarang pada tahun 1977. Pendidikan Sekolah Dasar , SMP dan SMA Negeri 4 Semarang . Jenjang pendidikan sarjana (S1) dan Magister (S2) penulis tempuh di Universitas Gadjah Mada dan Pendidikan Doktor di University of the Philippines, Los Banos.

Pada tahun 2002 penulis menjadi staf pengajar Fakultas Peternakan dan Pertanian Universitas Diponegoro. Beberapa penelitian dan pengabdian telah penulis lakukan berkat Hibah dari Kementerian Riset dan Pendidikan Tinggi. Telah menerbitkan buku Studi Kelayakan Proyek (2016).

